Revue générale des Sciences

pures et appliquées

et Bulletin de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences

TOME LXII Novembre-Décembre 1955 N^{os} 11-12

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Les Ressources du Monde en minerai de fer

Nous sommes entrés dans l'âge du fer il y a trois mille cinq cents ans environ. Pendant les mille cinq cents premières années, il s'est agi d'une industrie locale, très limitée dans ses besoins en minerai. Encore au premier millénaire de notre ère, les demandes des métallurgistes ont été facilement couvertes. Ensuite, les besoins ont grandi et au XIX^{e} siècle est apparu le problème de l'approvisionnement.

En 1850, la consommation dépasse un million de tonnes ; en 1900, on est à dix millions, puis à quatre-vingt-dix millions en 1930, à plus de cent cinquante millions de tonnes (de métal) en 1952.

La proportion de fer contenu dans un minerai varie de 25 à 72 %.

Géologues et prospecteurs ont réussi jusqu'ici à découvrir suffisamment de nouveaux gisements pour satisfaire à tous les besoins, mais il faut faire le point de temps en temps et dresser des statistiques de la consommation, de la production et des réserves. Un tel travail n'avait pas été fait depuis 1910.

Nous disposons maintenant de deux mémoires considérables, établis grâce à une collaboration internationale :

1.) *Symposium sur les gisements de fer du monde,* établi par F. Blondel et L. Marvier, à l'occasion du XIX^{e} Congrès Géologique international qui s'est réuni à Alger en 1952 (2 volumes in-4°, 638 et 594 pages, plus un atlas).

2.) *Survey of World Iron ore resources* (1 vol. in-4°, 345 pages, New-York, 1955), préparé par un Comité d'experts des Nations-Unies sous la présidence de F. Blondel.

On y trouve bien entendu une mine de renseignements. Nous en choisissons quelques-uns qui présentent un intérêt général.

	Réserves de minerai *	Fer contenu*
Europe, U.R.S.S., Afrique du Nord	20	7
Asie	26	14
Afrique (moins l'Afrique du Nord) . . .	4	2
Amérique du Nord	14	6
Amérique du Sud	20	10
Océanie	1	0,5
* en milliards de tonnes.	85	40

Ceci représente deux cent cinquante ans de fer au taux actuel de la consommation et appelle quelques remarques sur la répartition.

La France produit 12 millions de tonnes par an, n'en consomme que 8,5 et dispose de 6 milliards de tonnes de réserves. D'autres pays par contre doivent importer du minerai pour satisfaire leurs besoins industriels : les Etats-Unis (6 millions de tonnes par an), l'Angleterre (5), la Belgique-Luxembourg et l'Allemagne occidentale (4 chacun), le Japon (2,5).

Trois pays sous-développés industriellement sont les grands exportateurs : l'Afrique (sauf l'Afrique du Sud), le Chili et les Philippines. Les chiffres fournis pour l'Afrique sont très provisoires d'ailleurs, car il existe de nombreux gisements de fer dans le Précambrien africain, qui n'ont pas encore été prospectés.

Enfin, deux pays ont des possibilités métallurgiques considérables, l'Inde (20 milliards de tonnes de réserve) et le Brésil (plus de 15 milliards).

Ainsi peuvent se déplacer les grands centres de la production mondiale.

R. Furon.

L'EFFORT ENCYCLOPÉDIQUE
Les Lois de la Pensée dans « Clartés »

Ordonner, avec un désir exhaustif plus ou moins avoué, la science humaine, est un projet, sinon utopique, du moins rarement marqué de succès. C'est pourquoi, en France, il faut rappe-

ler la seconde moitié du XVIII[e] siècle et l'œuvre éclose alors des impulsions initiales d'un Dalembert et d'un Diderot. Tout près de nous, se sont réalisés les premiers volumes de l'*Encyclopédie française,* celle d'Anatole de Monzie et de Lucien Febvre. L'esprit de discipline de ceux qui participent à une œuvre de telle envergure pourrait difficilement s'expliquer par une tendance à quelque conformisme *a priori.* La réussite, fruit d'un désir de lutte, se lie dans les deux cas cités à un jeu évident d'antagonismes dans l'ordre social, l'ordre intellectuel, l'ordre moral, la seconde fois d'ailleurs, avec des remous sans précédent au cours de l'histoire.

Toutefois, vaut-il mieux, après avoir émis l'idée d'une telle corrélation, ne pas la systématiser. Une œuvre d'un certain caractère en entraîne souvent des répliques. L'esprit de contradiction peut agir d'ailleurs, en période d'atonie, sous d'autres formes. Reprenons le tome I, paru en 1937, de l'Encyclopédie française, sous le titre : *L'outillage mental : pensée, langage, mathématique.*

Très ambitieux, les réalisateurs ont recherché le maximum et, en mathématiques par exemple, leur synthèse n'atteint guère que les spécialistes. Plus précisément, elle permet aux mathématiciens cherchant à progresser dans des secteurs particuliers de reprendre contact avec l'ensemble de leur science.

D'où la réaction, qui éclate autour d'un éditeur désireux de répandre largement la culture, et ainsi, de favoriser, chez les humbles comme chez les autres, des vocations pour la pensée profonde, et au besoin pour la recherche. La réalisation de ce projet de M. F. Durieux a bénéficié de la présence à ses côtés d'un animateur de premier ordre, M. Charles Mollon, surtout connu jusqu'ici, dans le monde universitaire, comme un éminent linguiste, rénovateur de la grammaire anglaise à laquelle il a donné une structure limpide. Des idées très larges qu'il a su appliquer à cette fin ont hérité son fils, le docteur R. Mollon, et son jeune ami, M. Jean Ruaud, tous deux très avertis en matière linguistique, aussi bien qu'en matière psychique et philosophique. Dans le centre d'échanges intellectuels ainsi créé, et rapidement élargi, voici la base du programme sur laquelle un accord se réalise, en des termes pouvant se résumer ainsi :

Devant les obstacles qu'il a du, et de tout temps, surmonter, l'homme a reconnu progressivement dans son ambiance, malgré la part du fortuit, l'existence de rapports permanents, s'imposant comme des *lois,* lesquelles sont en définitive de l'un de ces quatre types :

1°) lois de la *matière,* dictées par les constatations physico-chimiques ;
2°) lois de la *vie,* conformes aux faits biologiques ;
3°) lois de *l'action,* fidèles aux comportements humains en diverses situations concrètes, et principalement, celles prêtant à litige et à solutions juridiques ;

4°) lois de la *pensée,* intervenant dès qu'apparaît peu ou prou un pouvoir d'abstraction.

Celles des trois premiers types s'associent aux conditions de *lutte pour la vie.* Quant à la pensée, au moins sous ses formes élevées, elle succède aux victoires remportées et aux apaisements qu'elles procurent, car « toute entrave au libre jeu de la pensée individuelle diminue ou supprime le pouvoir de cette pensée ». Ce pouvoir n'est-il pas d'ailleurs d'apporter la précision en maint secteur ? A commencer par celui des mathématiques, où un choix judicieux de prémisses, appuyé par l'induction, permet en définitive de réaliser l'exactitude des énoncés. Mais alors, comment se passer d'un langage permettant de les formuler, langage qui subira l'appel de la finesse requise en ce cas privilégié ? N'y a-t-il pas là comme une unité s'imposant, dès le départ, aux formes si diverses de l'activité mentale ?

On pressent ainsi un ordre optimum des thèmes à inscrire en vue d'une enquête générale sur les lois de la pensée. Et cet ordre favorisera la réaction qui suscite un riche ensemble de livres, mais dont le principe doit clairement émerger du présent (1). Ici, l'encyclopédiste prend une position nouvelle en endiguant, à partir d'idées très larges, la trop vaste matière qui s'offre à ses regards. Il évite donc d'imiter le ton de ces rebutants manuels scolaires. Il préfère « un survol rapide de toutes les questions, des plus simples aux plus complexes, afin de pouvoir en conserver une vue générale et panoramique aux reliefs saisissants ». Et après s'être avancé, en vue d'une quête toujours plus affinée de ce qui mérite l'attribut « précis », aura-t-il épuisé les aspects possibles de la pensée ? Non, certes, s'il songe aux perspectives devant lesquelles le mettent la *création artistique* et la variété des *croyances :* motifs sur lesquels s'achèvera l'ouvrage, où le talent à rappeler la culture acquise facilite les voyages d'accès à la culture élargie.

Après avoir ainsi décrit le climat d'ensemble du travail, il reste à en éclaircir çà et là quelques saillants.

Tout d'abord, analyser la pensée humaine oblige à prendre en compte certaines actions psychiques capables d'affecter la production de pensées isolées. Puisque penser transcende déjà, outre le pouvoir de perception des sens, le fait plus affiné du souvenir, on a ici présenté chaque élément de la pensée dans un ordre rigoureux. « C'est ce caractère hiérarchique qui justifie d'avoir dépassé quelquefois les limites de la pensée proprement dite pour en mieux connaître les origines premières et les

(1) C'est le tome XVI (650 pages, prix : 2.550 francs en reliure souple, 3.550 francs en reliure de luxe), les numéros d'ordre III, IV, XIII (ce dernier déjà paru) étant attribués aux lois de la matière, aux lois de la vie, et aux lois de l'action respectivement. Ces quatre volumes ont une préface commune. Et tous sont ou seront illustrés (Editions Techniques, Paris, déc. 1954).

aboutissements... » Transgressant aussi le *sentiment*, la pensée voudra faire table rase du *subjectif*, elle se portera vers les objets que la conscience et le jugement ont su discerner, avec le souci d'en reconnaître l'existence propre, mais ce stade va être dépassé. Car, abstraction faite de lui-même pour atteindre l'objectivité, l'homme doit encore veiller à ne retenir d'un objet que les caractères qu'il partage avec des objets semblables, en séparant ainsi des groupes adéquats. Le *concept* résultera chaque fois d'une telle abstraction, avec divers aspects, *substantif*, *adjectif*... Ce qui prépare la *mise en relations*, et par le *verbe*, mène à la *proposition* et à ses formes, passive, affirmative, interrogative, négative. Ayant joint ainsi la pensée à ses moyens d'expression, on dispose d'un observatoire d'où l'on domine et le champ linguistique et le champ logique ; d'où l'on entrevoit aussi une critique possible de la pensée objective, la stricte déduction voyant alors tomber son efficacité sous le coup de l'*esprit de finesse*, et d'où l'on retrouve, à proximité, les idées de *création imaginative* et d'*émotion esthétique*, qui mettent le poète et le savant côte à côte.

En quelques traits, voilà déjà qui révèle des articulations robustes et permet d'observer comparativement diverses polyvalences : d'abord celles du *langage*, sous ses mulitples aspects (type indo-européen, type sémitique), et celles de l'*écriture* (idéographique, syllabique, alphabétique) ; de voir aussi dans le langage une institution sociale, aussi bien que la faculté de créer les signes et de les utiliser, ou encore l'outil par excellence de la pensée logique, quand il s'agit d'exprimer la relation de sujet à prédicat, ou enfin le support idéal de la pensée soucieuse d'humanisme littéraire.

C'est ainsi qu'après avoir repris, dans ses éléments, la langue française, nous abordons la logique, en tant que technique visant à lier au mieux les pensées. Technique dont la formulation expresse « se lie de près aux initiatives génératrices d'une science véritable ». Comme le note ici le R.P. Dubarle, « c'est simultanément que les Grecs se sont préoccupés de logique et qu'ils ont organisé le premier corps cohérent de la science mathématique ». Il engage en outre à ne pas prendre les faits du raisonnement pour des entités « que la logique saurait décrire dans l'absolu, sans tenir compte des niveaux successifs auxquels ils apparaissent », la logique du discours usuel par exemple étant fort loin de la logique mathématique. « La pensée mathématique a été somme toute assez longue à organiser, avec toute l'autonomie dont elle est capable, sa logique propre et taillée sur mesure. » Il a fallu, à cette intention, parcourir une route le long de laquelle la logique s'est elle-même mathématisée. L'étude de cette « mutuelle inscription », infléchissant le style mathématique dans le sens du formalisme logique aura pour la suite

un rôle capital. En outre, et avec beaucoup d'à-propos, l'auteur s'applique-t-il à dégager une logique de la pensée physique. Analysant les mathématiques dans leur rapport à l'expérience, en s'inspirant du cas de la géométrie, il compare avec profondeur l'attitude du mathématicien et celle du physicien. Et il ajoute : « Le physicien ne retourne à l'expérience qu'avec un système d'idées élaborées à l'avance, idées que le verdict des faits observés confirmera ou infirmera. » Il analyse aussi le moment théorique de la recherche, entre le temps de la simple détermination empirique et le retour plus préparé à la réalité. Et il conclut : « La théorie dont la pensée physique a besoin ne pourra se réduire à une simple construction mathématique... La mathématisation (exigible) de l'objet empiriquement saisi n'est point immédiate ni fournie par les seules mathématiques acquises à l'origine. A chaque départ original de la théorie physique, il faut beaucoup tâtonner, forcer pour ainsi dire les mathématiques à fournir les outils mentaux nécessaires. L'histoire montre bien ces tâtonnements et cette action. » Ce qu'illustre déjà le rôle nécessaire de la cinématique, restée si longtemps embryonnaire, dans la description du cosmos...

Reste un dernier aspect : la logique de la pensée philosophique. Et cela conduit entre autres, après enquête sur les apports de la dialectique à la pensée scientifique, à des rapprochements entre chaînes de faits positifs et suites d'étapes rencontrées par la pensée philosophique analysant son propre discours : ceci, à propos de la mécanisation possible de toute une sphère d'opérations mentales...

Finalement, la logique, loin d'être un organisme simple, synthétise des études critiques requérant beaucoup de finesse et qui aboutissent à séparer des systèmes autonomes aux axiomatiques très diverses. Il est donc abusif de parler de la logique, au sens vague, comme de quelque chose d'astreignant, sur le plan de l'action.

Et voici la prise de contact avec la mathématique, dans un style favorable aux gradations historiques, puisqu'à côté de Maurice Fréchet, trois historiens éminents, Pierre Sergescu, René Taton, Pierre Costabel, ont collaboré à cette partie essentielle. Des nombres et de l'analyse combinatoire, le lecteur est progressivement conduit au calcul infinitésimal et à l'analyse fonctionnelle. L'exposé tient un juste milieu entre les sujets à grande fréquence d'application (fonctions analytiques) et les vues très générales (théorie des ensembles, espaces topologiques). Tout est ainsi préparé pour faire de la notion même d'espace le thème favori de la discussion. René Taton la porte d'emblée vers les *phénomènes d'espace :* « Le concept d'espace est une de ces notions premières qu'il est pratiquement impossible de définir, si ce n'est dans la perspective d'une science axiomatisée où le terme lui-même perd tout contenu concret. » Mais, si l'on évite par là de recourir à quelque représentation figurée, le

système déductif obtenu n'en a-t-il pas moins, en des cas éminents, rôle d'un schème permettant de retrouver des relations s'offrant dans l'étude des figures concrètes, à proximité des premiers aspects de l'activité technique et artistique de l'homme. Echelonnant son exposé depuis la géométrie grecque jusqu'aux formes les plus modernes, en passant par la géométrie analytique et la géométrie infinitésimale, l'auteur conclut que la science de l'espace a cédé le pas à une science des espaces. Ce dont l'étude du mouvement, écrite dans le même style par le R.P. Pierre Costabel, en s'attachant d'abord à faire retrouver la mécanique classique, convaincra les esprits curieux en les introduisant d'une manière déjà précise aux théories relativistes.

Avec la même élévation, Maurice Fréchet initie au calcul des probabilités en s'adressant, dans une première partie à ceux qui n'ont de leurs études d'autres souvenirs que la pratique des opérations sur les entiers et sur les fractions, puis en utilisant le calcul infinitésimal dans une seconde partie.

Après ces exposés si riches en idées générales, il a été facile à l'auteur de la présente analyse d'évoquer brièvement quelques thèmes philosophico-mathématiques et la formation progressive des théories mathématiques ; cela, en insistant au passage sur l'effort prospectif et la causalité mathématique ; et aussi bien en montrant, dans l'élargissement du jeu mathématique, l'appui d'une prise en compte des structures.

L'étude de M. Ferchault, « Les Arts et la Pensée », vient ici bien à sa place : car non seulement il eût été facile d'adjoindre quelques pages sur les aspects esthétiques de la pensée mathématique (1), mais encore la tendance dans tout ce qui précède, à remonter aux notions originelles, reparaît quand l'auteur ayant analysé la notion même de l'Art, se demande : y a-t-il prédominance de l'art sur la pensée ou de la pensée sur l'art ? Ce qui l'amène à envisager tour à tour, dans tous les cas possibles (musique, peinture...) l'art comme fruit de la pensée et comme objet de la pensée. Ce bel article contribue à renforcer l'unité de l'ouvrage dans son ensemble et si l'on songe à tout ce qu'impliquent les études d'ordre proprement psychique, on peut appliquer la même remarque aux exposés de M. Gustave Welter sur les croyances et religions, et à celui de M. Paul Bazan, passant en revue les grandes philosophies, des Grecs à Jean-Paul Sartre.

Un index alphabétique rassemble les principaux termes employés dans la Philosophie de la Pensée.

Malgré la brièveté de cette analyse, au regard des richesses offertes, celle-ci ne manquera pas, je l'espère, d'éveiller dans les milieux scientifiques une légitime curiosité.

G. Bouligand.

(1) Cf. « Revue d'Esthétique », numéro d'avril-juin 1954 : *Mathématique et sens du beau.*

Une échelle de simplicité fondée sur les groupes de symétrie

par Paul RENAUD,
Maître de Recherches.

INTRODUCTION

Le problème de la simplicité en mathématiques a été longuement étudié par Maximine Portaz [1] dans sa thèse de philosophie. Ce travail, riche et documenté, décrit un certain nombre de cas typiques éclairant le rôle que joue, en mathématiques, la notion de simplicité comme notion déterminante, comme facteur d'action. L'auteur ayant cherché une définition simple de la simplicité, conclut ainsi : la notion de simplicité est en elle-même fort complexe.

Elle s'oriente donc vers une définition *a posteriori* qui en effet s'impose, si on réfléchit que si complexe soit-il, chaque système peut encore subir une adjonction et que chaque système simple par le fait d'être défini, limité et même d'exister, présente une certaine complexité, serait-elle des moindres. Seul l'espace vide aurait une simplicité idéale, mais pourrait-elle convenir à ces zones privées de matière, mais traversées par des ondes électromagnétiques lumineuses ?

Un nouveau livre sur la « simplicité mathématique » de M. André Lamouche [2] est paru en 1955 et confirme aussi l'importance de cette notion. Devant la multitude des cas où elle intervient, l'auteur, comme Maximine Portaz, s'en remet à une œuvre collective, et ainsi, à un travail massif pour assurer un sens précis aux notions conjuguées de simplicité et de complexité.

Pour nous, loin d'être une fin en soi, cette notion est à prendre dans un sens purement utilitaire en vue d'aboutir à un résultat précis. Nous avons besoin de la préciser dans un domaine restreint, celui de la définition des éléments simples de la physique. Nous sommes décidés à effectuer toutes coupures nécessaires dans les domaines trop vastes, afin d'obtenir, dans ce domaine restreint, un sens précis pour le mot *simple*.

Recherche de l'efficacité.

La base de cet exposé est notre incapacité et notre impuissance. Nous entendons par là que chacun de nous dispose seulement de deux mains et d'un langage très imprécis. Celui-ci

(1) Imprimerie PAQUET, 10, rue Jarente, Lyon.
(2) GAUTHIER-VILLARS, Paris, 1955. Le principe de Simplicité. Cf. p. 195.

délimite dans l'univers un certain nombre de catégories, de types ou de cases dans lesquelles on introduit les objets. En combinant plusieurs mots entre eux on peut réduire la dimension des cases ou sélectionner un certain nombre d'objets dans une catégorie. Dans chacune de ces cases, catégorie ou type, chacun de nous classe ses sensations à son gré. Les discussions prouvent que les limites de ces cases ou catégories, correspondant à un mot donné, ne coïncident pas et ne correspondent pas aux mêmes faits, pour deux esprits différents.

C'est une des principales difficultés du laboratoire, de savoir superposer ses classifications personnelles, à celles des auteurs dont nous voulons utiliser l'expérience, en vue de guider la nôtre.

L'identification des êtres joue au laboratoire un rôle essentiel, précisément à cause de notre impuissance à transmettre notre pensée, et aussi à retrouver des êtres identiques entre eux.

Cette base d'incapacité et d'impuissance nous oblige à rechercher, avec le plus grand soin, les méthodes qui s'avèrent efficaces grâce à leur facilité.

Nous ne chercherons pas ici la virtuosité, c'est-à-dire l'étude acrobatique de questions difficiles. Nous chercherons au contraire à l'éviter. Les paresseux se creusent la tête pour réduire leurs efforts au minimum, nous ferons la même chose en sens inverse, afin d'obtenir un résultat maximum, avec le peu de moyens dont nous disposons. Nous chercherons à repérer parmi les méthodes que l'on emploie en général celles qui « donnent » le plus, celles qui sont le plus rentables.

Nous classerons soigneusement les cas simples où tout va tout seul, sans difficultés. Ensuite, nous nous efforcerons d'y ramener les autres cas, le plus possible, de préférence ceux qui auraient semblé difficiles de prime abord.

L'identification simplifie.

Deux types d'action sont relativement faciles et prévisibles : celles que nous avons déjà faites, qui correspondent à une identification dans le temps et celles que tout le monde fait, correspondant à l'identification dans l'espace. La simplification maxima est obtenue par ce que nous avons coutume d'appeler l'identification. C'est sur elle que nous porterons notre attention. C'est la base de toutes les mathématiques, en particulier de la numération et de la mesure.

Le cinéma nous a montré, en faisant tenir deux rôles par un même acteur et un seul rôle par deux acteurs, que l'identification n'est pas toujours aussi simple qu'elle peut nous le paraître.

En particulier l'identification de deux objets contient obligatoirement une différenciation sinon ils ne seraient pas

deux. En général, c'est la position de deux objets qui les différencie. Dans le cas où leur présence n'est pas simultanée, la dualité peut être difficile à mettre en évidence.

Dans une série de vis identiques, on ne donne pas de numéro à chacune d'elles, aucune n'a sa personnalité propre, sauf par la place qu'elle occupe dans l'espace.

Dans une série de voitures automobiles, on attribue à chacune un numéro pour la discerner des voisines. Elles ne sont identiques que partiellement. Pour qu'il y ait une pluralité, il faut qu'il existe, dans l'identification cette dualité d'identité et de différence sinon on a unicité. C'est pourquoi dans les échelles de grandeur, comme les mètres, les graduations sont identiques et superposables, mais les numéros qu'on y associe sont tous distincts, avec une classification soigneusement standardisée.

Pour notre paresseux, l'identification c'est l'idéal. Quand deux objets seront reconnus identiques, il suffira de connaître l'un pour connaître l'autre. Chacune des propriétés observées sur l'un d'eux se transmettra aux autres comme par magie. Un seul renseignement en remplacera des milliers d'autres.

En fait il existe deux groupes d'expériences sur une série d'objets d'apparence identique. Les unes, les plus accessibles, constatent l'identité, les autres qui demandent des moyens plus délicats mettent en évidence des différences entre deux types quelconques de la série.

On sait, par exemple, que des balles de revolver d'un type donné peuvent être tirées par deux revolvers A et B différents, mais du même type. Cependant les balles, une fois tirées par A ou B permettent, au moyen d'expériences fines, d'identifier A ou B.

L'identification contient donc toujours un coefficient personnel important et c'est un travail de laboratoire extrêmement délicat.

Dans de tels domaines qui précèdent la représentation, il est difficile de conter l'expérience d'autrui mais on peut témoigner de ce que l'on a vu.

Un chimiste prépare un produit en magnifiques cristaux par la réaction :

$$PN\ Ce_2 + 2\ H\ OH = PN\ (OH)_2 + 2H\ Cl$$

il en fait l'analyse avec le plus grand soin. Tout converge vers la formule $PN\ (OH)^2$.

Mais ce produit présente toutes les propriétés physiques du phosphate d'ammonium $PO_4H_2\ (NH_4)$. Les spectres de rayons X eux-mêmes sont identiques. La différence d'analyse est cependant dix fois supérieure à l'erreur moyenne. Doit-il les identifier ou non ? A chaque identification délicate il se produit une hésitation, mais pour celle-là c'est une « tempête sous un crâne ».

Confucius, grand chef du conformisme, aurait probablement conseillé d'identifier, parce que, en administration, tout ce qui simplifie féconde et peut-être même lui aurait-il confié un poste.

Au point de vue scientifique, il ne pouvait pas identifier.

Tout bien pesé, il n'a pas identifié. Les faits lui ont procuré cette joie de lui présenter deux corps aux mailles presque identiques, présentant même nombre d'électrons 240 avec des distributions pratiquement identiques, à la substitution près de deux oxygène à deux phosphore, si bien que les deux nuages électroniques sont pratiquement superposables (3).

Ce travail pourrait être repris avec un tube à rayons X moderne et précis dont les maxima sont très finement tracés sur le graphique des intensités en fonction de l'angle. Peut-être des différences commenceraient-elles à apparaître.

Dans l'identification nous distinguerons deux stades principaux. Celui qui consiste à reconnaître un objet unique, en lui attribuant sa personnalité propre. Pour cela on fait varier ses divers aspects. D'autre part, l'identification de deux objets distincts dans laquelle on vérifie qu'ils comportent assez d'aspects identiques pour que l'on postule leur comportement ultérieur comme unique.

I. — Pour le premier stade, on effectue des similitudes en éloignant ou rapprochant l'objet et des rotations en le retournant dans tous les sens. Il est rare qu'un homme reconnaisse son stylo, sa montre ou son portefeuille sans le prendre en main et le retourner.

Toutes ces actions aboutissent à la grande simplification d'identité. Chacune d'elles correspond à des transformations mathématiques précises de l'espace et qui sont les déplacements. L'objet A reste lui-même malgré des translations, des rotations, et des éloignements. Il reste le même malgré les différences d'aspect que procure l'homothétie, la similitude par éloignement et la rotation.

II. — Deuxième stade, deux objets.

L'identification dans l'espace de deux objets différents A et B devra donc tenir compte de la multiplicité d'aspects que peut présenter un objet A pour le comparer à l'objet B. Pour pouvoir affirmer qu'ils sont deux, il faut qu'ils soient présents simultanément ou qu'ils aient été préalablement différenciés d'une manière indélébile.

Cette simultanéité de présence se constate lorsqu'on définit deux objets symétriques par rapport à un même axe. Les trans-

(3) Paul Renaud. — Annales de Chimie, 1935 :
6 PNO_2H_2 → 4 PNO_2H_2 + 4(OH) + 2 PN → 240 électrons
4 PNO_4H_6 → 4 PNO_2H_2 + 4(OH) + 2$(OH_6)O$ → 240 électrons

formations mathématiques précises qui représenteront la présence simultanée, avec quelques restrictions, seront les symétries directes, ou au moyen d'un troisième objet interposé.

En résumé, nous nous trouvons en présence d'une méthode de simplification extrêmement employée en pratique, c'est l'identification. Elle se présente, avec précision, sous la forme des possibilités de transformations d'un espace en un autre espace ou d'un même espace en lui-même. Les transformations d'un espace par translation, rotation ou symétrie, parfois même par similitude ou homothétie fournissent couramment cette simplification type qui est l'identification.

Les transformations simplifient.

Avant d'entrer dans l'étude détaillée de l'échelle la plus accessible que l'on peut en déduire, nous donnerons d'autres exemples de simplifications apportées par des transformations. Nous montrerons ainsi que les transformations portent en elles une grande puissance de simplification, même si elles sont elles-mêmes un peu compliquées. D'autre part, cela soulignera que, en nous limitant volontairement à considérer seulement l'ensemble des plus simples d'entre elles nous cherchons à dégager l'ensemble le plus simple présentant les caractères essentiels d'une échelle de simplicité.

Voici quelques exemples où l'application de transformations relativement simples simplifient des problèmes complexes.

Premier exemple :

Rappelons d'abord cette transformation que l'on applique aux cristaux, en transportant leurs faces parallèlement à elles-mêmes, jusqu'à ramener la forme du cristal à une forme simple. On arrive ainsi, au moyen d'une transformation simple, à ramener toutes les formes, de tous les cristaux, à quelques formes simples et réciproquement, partant de ces formes simples, à reconstituer la multitude des formes effectivement rencontrées.

Ces considérations ont considérablement simplifié la cristallographie.

Deuxième exemple [4] *:*

« Considérons une équation différentielle f (x y y') = o qui » soit invariante par les transformations d'un groupe à un para- » mètre tel qu'une homothétie ou une rotation, on sera prévenu » que la famille des lignes cherchées peu se représenter en » coordonnées polaires par une équation de la forme

$$d\omega = \varphi(\rho)\, d\rho \quad \text{pour la rotation}$$

ou :

$$\frac{d\rho}{\rho} = \Psi(\omega)\, d\omega \quad \text{pour l'homothétie}$$

On sait quels développements Sophus Lie a donné à cette conception qui aboutit à l'énoncé suivant (5) :

« La connaissance d'un groupe par rapport auquel la famille » des courbes intégrales est invariante suffit pour qu'on puisse » intégrer l'équation, c'est-à-dire pour qu'on puisse trouver un » facteur intégrant et réduire par suite le problème aux » quadratures. »

Troisième exemple :

Nous rendons un hommage reconnaissant à cette méthode de simplification, qui nous a permis, dans l'étude de Keratocône de remplacer les calculs ordinaires, dans un cas d'une complexité kolossale — Gulstrand dixit — par l'étude de la transformation linéaire tangente à une transformation complexe, ce qui ramenait les calculs à une seule ligne et nous rendait une vision de lecture très acceptable (6).

Quatrième exemple :

La séparation des poussières de charbon et d'argile représente un important problème pratique. Il a pu être étudié cette année même par M. Fouquet et moi-même (7), à notre laboratoire, grâce à la loi de Stockes qui précise les conditions de la chute des grains dans l'eau.

Son équation est :

$$\frac{dh}{dt} = V = \frac{2r^2}{9n}(\rho-\rho')\ g$$

Lorsque, dans le milieu où se fait la chute, on fait varier n, par addition d'un produit organique, on multiplie le temps par une constante, si toutes les autres grandeurs sont conservées.

Or, nous avons constaté que cette homologie n'est pas respectée et que des accroissements de viscosité de l'ordre de 20 % sur n peuvent faire varier la vitesse V en la divisant par cent. Pour conserver la loi de Stockes, qui est fournie par le calcul, on est obligé de faire jouer une variation de $(\rho - \rho')$. Ceci exige que les particules d'argile soient enrobées par l'eau du bain. Des liaisons se forment alors, par l'addition du viscosant, qui rappellent tout à fait les liaisons qui se présentent dans les phénomènes de thixotropie où elles solidifient le milieu. Ainsi, sur la représentation, en transformant la coordonnée temps par homologie, on compense les variations de viscosité. Il apparaît alors que celles-ci ne peuvent suffire à interpréter les phénomènes observés.

(4) Bouligand. — Théorie générale des Groupes, p. 126.
(5) Vivanti. — Groupes des Transformations, p. 134.
(6) Renaud. — Journal Physique et le Radium..., oct. 1945.
(7) Fouquet et Renaud. — Bulletin de la Société de Minéralogie, 1955.

Cinquième exemple :

L'étude même de cet exposé nous a conduit à envisager une transformation assez complexe qui permettra de simplifier considérablement l'étude de la structure des cristaux, quelle que soit la réponse de l'expérience.

Elle n'est pas assez au point pour que nous la développions ici et ce serait un digression, mais la possibilité dans l'avenir nous intéresse ici.

On voit que les transformations ont simplifié nombre de problèmes dans le passé, elles en ont simplifié dans un passé récent et elles peuvent encore en simplifier d'autres dans l'avenir. Ceci même lorsque ces transformations n'appartiennent pas au groupe des déplacements.

Une transformation à un paramètre transforme un cas simple en une série à un paramètre. D'autres cas peuvent paraître très compliqués et, en marche arrière, peuvent être ramenés au problème précédent. Si la transformation dépend de deux paramètres, il y a beaucoup plus de systèmes simplifiés par ce mécanisme.

Si partant d'un objet type O_0, on effectue sur lui une transformation simple, on arrive à un autre objet O_1, puis on recommence on a O_2, etc., on obtient ainsi une série d'objets O_0, O_1, O_2 qui peuvent représenter soit les différents objets d'une collection, soit au contraire ceux que le collectionneur mettra dans une même case. Le point de vue des transformations est lié intimement à celui de l'édification des collections, aussi bien pour les êtres organisés que pour les minéraux.

Or, toute science réaliste quelle qu'elle soit part d'une collection au sens large pour y revenir sans cesse. Ainsi le point de vue de la simplicité peut être avantageusement lié à celui des transformations. C'est ce que l'homme utilise depuis des siècles.

Définitions simples.

Nous limiterons notre étude à la simplicification de la définition d'un seul objet étant bien entendu que les identifications internes contiennent elles aussi une part d'arbitraire.

Si nous avons tant insisté sur l'importance de ce point de vue c'est qu'il a été négligé jusqu'ici et considéré comme une évidence. Or, dans ce domaine il n'est pas d'évidence. Même en se plaçant dans les meilleures conditions, il est très difficile à des expérimentateurs d'obtenir des objets dont la fabrication soit constante. Il est inutile de rappeler le nombre des ruptures de direction qui se sont produites dans des voitures ultra-récentes, malgré le puissant équipement industriel avec lequel on les fabrique. On doit y voir une difficulté profonde dans la

définition des êtres matériels. Il importe d'y porter son attention pour en tirer tout l'enseignement possible.

Dans la définition d'un seul objet nous simplifierons sa définition et sa fabrication en considérant les identités intérieures. Pour construire une pièce, il faut en effet prévoir et réaliser les positions relatives de chaque point, si aucune répétition ne se présente. Si une répétition se présente une fois, cela simplifie un peu ; si elle se présente une infinité de fois, cela simplifie beaucoup. C'est précisément le cas des symétries où des séries de grandeurs sont deux à deux identiques. Plus les répétitions se produiront, plus la simplification sera grande. On voit qu'en général il y aura un accroissement de simplification lorsque la symétrie s'augmentera d'éléments nouveaux indépendants des précédents.

On arrive ainsi à une notion de simplification susceptible d'augmentation ou de diminution. *La simplicité d'un système sera d'autant plus grande que la quantité de transformations admise par ce système sera elle-même plus grande.*

En étudiant le principe de Curie généralisé, nous avons montré autrefois que le nombre des transformations admises par un système physique donné pouvait croître au cours de son évolution, mais non décroître, ce qui donne une échelle différentielle pour classer les systèmes susceptibles d'évoluer de l'un vers l'autre. Nous avons appelé cette quantité de transformations la symorphie du système par analogie avec sa symétrie. Nous n'en parlerons que pour mémoire.

Lorsqu'il sera admis que l'échelle de simplicité est représentée de façon satisfaisante, en première approximation, par une échelle de symétrie, il sera temps de boucher les vides que celle-ci laissera.

Pour la compréhension du sujet, nous nous contenterons d'envisager les symétries, mais les nombreuses imperfections de ce système peuvent être levées en se reportant aux symorphies que malheureusement personne ne connaît bien.

Au contraire, les symétries ont fait l'objet d'études précises. Elles fournissent une première approximation de la question. Pour des raisons analogues, nous nous limitons à étudier la simplicité d'un objet isolé, supposé dans l'espace euclidien à trois paramètres, sans coordonnées de temps.

Nous savons parfaitement qu'aucun phénomène ne peut être défini dans un tel espace et que la coordonnée de temps ne peut être escamotée dans leur étude. C'est donc les symétries dans l'espace-temps qui seront indispensables pour définir la simplicité des phénomènes. Nous n'avons pu trouver aucune étude préalable sur ce sujet, et nous nous limiterons à l'étude des objets dans l'espace à trois dimensions.

En suivant cette méthode nous employons le système qui consiste à prendre connaissance d'un mécanisme physique, en examinant le système le plus simple qui possède une propriété

donnée et que l'on caractérise par le nom d'élément ou de système élémentaire.

L'échelle des symétries sera pour nous le système mathématique le plus simple qui présente toutes les propriétés que l'on peut demander à une échelle de simplicité, si l'on veut que ce mot garde un sens voisin du sens généralement admis.

Il est normal de l'adopter pour première approximation d'une notion précise de simplicité. Celle-ci se complètera par la suite de proche en proche, comme s'est complétée la notion d'exposant en passant au fractionnaire, négatif, irrationnel jusqu'au logarithme. On obtiendra alors une échelle de symorphie qu'il serait sans doute possible de définir dès aujourd'hui.

Cette identification des notions de symétrie cristallographique et de simplicité, que nous proposons pour les systèmes physiques, présente une part d'arbitraire. Mais, dans ce domaine, elle retranche peu de choses à la notion aujourd'hui admise de simplicité et elle lui apporte, en compensation, la précision d'une définition mathématique.

Simplicité des éléments.

Avant de décrire en bref l'aboutissement de cette conception, il faut montrer que la simplicité admise jusqu'ici, non quantitative, était une notion insuffisante pour définir la notion d'élément simple en physique, qui nous intéresse au premier chef.

La décomposition des systèmes réels en systèmes plus simples se fait en effet couramment sans qu'on puisse définir un élément accessible. On se rattache ici aux questions primordiales de choix de paramètres et à des questions de réalité expérimentales ou de « fréquence de présence ». Celles-ci convergent pour obliger les expérimentateurs à adopter une définition précise d'un ensemble d'éléments physiques accessibles, dont l'assemblage fournirait les appareils modernes constituant les systèmes expérimentaux.

La décomposition, admise par la science moderne, en particules comme les molécules, les atomes, etc., qui sont pratiquement inacessibles, est une poétique conception à laquelle correspondent certaines réalités. Elle est basée sur l'espoir de représenter un espace donné à n dimensions avec des êtres à zéro dimension, à zéro paramètre. Or, il est facile d'établir qu'il est impossible de construire un être à n dimensions avec des pavés à n-1 dimensions. Pour obtenir des précisions, il a fallu restituer à chacun d'eux les trois dimensions indispensables.

Leur petitesse les rend inutilisables comme éléments de construction. Aussi la simplicité n'a pas suivi et l'on n'indique pas aujourd'hui aux mécaniciens les coordonnées de chacune des molécules à mettre en place.

Le problème que nous nous sommes proposé est de savoir si l'on peut trouver mieux en rationalisant les intuitions de ceux qui ont créé la physique.

En analyse, les chimistes arrêtent pratiquement la décomposition quand ils arrivent au corps simple dont le poids est l'unique paramètre. Il serait désirable d'avoir une limite de décomposition des systèmes physiques qui soit accessible et qui dépende de un ou deux paramètres.

Les chimistes ont mis cette limite en évidence quand ils ont possédé un critère de simplicité qui est le poids. Dans certains cas difficiles, il leur servait de guide. L'histoire de l'acide muriatique déphlogistiqué est un cas encore bien connu, parvenu jusqu'à nous, mais d'autres ont dû se présenter pendant le siècle où l'on a édifié cette prodigieuse construction qu'est le tableau de Mendeleeff.

Critère de simplicité.

Un critère de simplicité nous est indispensable pour effectuer une semblable classification en éléments physiques simples accessibles et l'amener jusqu'à son tableau de Mendeleeff. Il faut que dans certains cas nous puissions discerner entre deux système quel est le plus simple des deux. Si nous n'avons pas de critère sûr, nous serons arrêtés dans notre effort de classification, lorsque nous voudrons choisir entre deux systèmes et porter notre attention sur le plus simple, dans un cas où il y a doute.

Remarquons tout de suite que la classification sera d'autant meilleure que ce doute arrivera plus rarement. Pour cette raison nous aurons quelque peine à donner des exemples. Nous n'en donnerons qu'un, qui s'est réellement présenté à nous et qui devait se présenter, parce qu'il est à la base même de la classification. La plupart des difficultés que nous avons signalées précédemment pour l'identification se trouvent levées ou tout au moins écartées par la solution qui nous a été imposée par nos raisonnements.

Le problème est le suivant : doit-on considérer comme élément physique simple un être matériel tel qu'un accumulateur ou un transformateur, avec ses infinis détails et les millions de stries de ses plaques et leurs milliards de microcristaux ou bien doit-on admettre comme être physique élémentaire l'être idéal que représente le schéma du transformateur ou de l'accumulateur tel qu'il contienne toutes les indications nécessaires à sa construction.

Sans l'appui d'une échelle de simplicité, la question est insoluble. Avec un critère de simplicité, on cherchera quel est le plus simple des deux. On trouve aisément que le schéma est le plus symétrique des deux parce que l'être expérimental construit

d'après ce schéma possède une personnalité plus complexe à cause de ses imperfections de fabrication.

Le schéma de l'appareil qui jusqu'à présent a joué dans la science un rôle secondaire, au même titre que la notion d'identité dont on se sert sans l'examiner est en effet la partie principale de l'objet, au point de vue de la science collective.

La transmission des renseignements d'un esprit à l'autre se fait par le schéma de construction bien mieux que par l'appareil enfermé dans sa boîte. Le schéma idéal descriptif d'un système physique, quand il est bien défini, peut avoir une symétrie vraie, ce qui n'est pas le cas pour un système matériel véritable. Aucune transformation ne peut laisser un système expérimental réellement invariant. L'identité entre deux de ses parties est définie avec un coefficient personnel, analogue à celui qui joue dans l'identité de deux objets.

Au contraire, le schéma de fabrication peut être le même rigoureusement pour deux objets distincts ainsi que pour deux parties d'un même objet. Les schémas représentent une idéalisation, une représentation des objets qui respecte les causes contenues en eux. Ils sont donc extrêmement proches du système expérimental tout en présentant les avantages de l'abstraction.

Les « tours de main ».

Il est des cas où les schémas sont rendus difficiles à abstraire et à fournir, par appel à des opérations subtiles difficilement reproductibles et plus difficilement transmissibles ; c'est le cas où l'on parle de « tour de main ». Pour bien comprendre les difficultés qui existent à décrire une fabrication il est bon d'expérimenter dans un domaine que l'on ne connaît pas. Qui n'est pas cuisinier apprécie pareille difficulté en prenant une recette courante dans un livre et l'exécutant. L'imperfection de l'œuvre lui donne la mesure du caractère imparfait de la définition à la construction. Ceux qui connaissent la cuisine peuvent essayer de réaliser leur chapeau ou leur soulier d'après une recette. Les misères de la dernière guerre ont montré la supériorité du spécialiste dont les définitions sont affinées par une longue pratique, qui ajoute mainte précaution inexprimée, au schéma exprimable.

L'ensemble des mots qui constituent une recette doit préciser toutes les conditions nécessaires pour réaliser l'objet désiré. Dans une recette donnée, il existe un certain nombre de mots qui, si on les enlève, laissent par leur absence trop de marge à l'exécution pour qu'on réussisse exactement.

On peut se proposer d'étudier le nombre de ces mots et comment ils varient suivant les cas. D'où une étude relativement précise des définitions. Ceci montre combien il est intéressant de les simplifier au maximum.

En résumé, si la connaissance d'une échelle de simplicité se montre indispensable pour l'étude de la décomposition des systèmes physiques complexes, en systèmes élémentaires, elle est fondamentale aussi dans la définition des êtres à construire et dans la réalisation des systèmes eux-mêmes. Quand on étudie la Rationalisation de l'Invention, on met en évidence que les conditions de maximum de rendement sont satisfaites en même temps que les conditions de maximum de simplicité. Il s'agit d'une propriété analogue à celle du rendement maximum de la machine réversible, imaginée par Carnot [8].

Il ne nous est pas possible de développer ici ce point de vue, pas plus que les raisons pour lesquelles il est souhaitable de savoir décomposer les systèmes et les phénomènes physiques en systèmes ou en phénomènes élémentaires. Il intervient des questions de choix des paramètres, de mesures des grandeurs, de reproductibilité des expériences, de fidélité des mesures, de fréquence de présence, qu'il serait trop long de développer ici, mais que la science sera bien obligée d'étudier un jour. Qu'il nous suffise de rappeler qu'au cours des âges l'effort collectif de l'ensemble des physiciens a dégagé un certain nombre de phénomènes élémentaires, que l'on expose en priorité aux élèves des diverses classes. Ce sont les schémas de ces phénomènes qui servent à reconstituer les schémas des ensembles sur lesquels travaillent les physiciens. Ces schémas présentent à plus de 95 % les propriétés simultanées de simplicité et de haute symétrie que l'on doit demander aux phénomènes élémentaires, si l'on admet l'échelle de simplicité que nous proposons ici. Pour ceux-là cette échelle met en lumière une série de propriétés qui avaient échappé jusqu'à présent aux investigations — par exemple leur stabilité de présence. Pour les 5 % qui restent, cette échelle doit permettre de classer les cas douteux et complexes.

Premiers échelons.

Les raisons d'introduire cette échelle étant ainsi établies, voyons comment elle se présente (voir tableau).

La base de l'échelle correspond à la simplicité et à la symétrie maxima. C'est l'espace vide homogène tel qu'on l'utilise aujourd'hui.

Comme d'habitude, nous désignerons par π et P les plans de symétries perpendiculaires à des axes Λ multiples ou L binaires.

Tous les plans de cet espace sont des plans de symétrie, toutes les droites sont des axes de révolution et tous les points sont des centres de symétrie. C'est la symétrie maxima d'un espace enclidien que nous représentons suivant une désignation usuelle par :

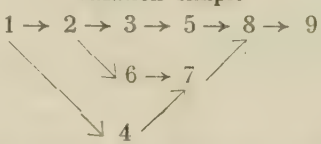
$$\infty^3\pi \quad \infty^4\Lambda_\infty \quad \infty^3 C \quad \text{Espace vide} \qquad (1)$$

(8) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 236, p. 668, 1953.

Quelques hautes symétries

(1) Espace vide $\infty^3 \pi$, $\infty^4 \Lambda_\infty$, ∞^3 C.
(2) Espace uniaxe ∞^2P, $\infty\pi$, $\infty^2\Lambda_\infty$, ∞^3L, ∞^3C.
(3) Plan ∞^2P, π, $\infty^2\Lambda_\infty$, ∞^2L, ∞^2C.
(4) $\oplus$ Point et sphère $\infty^2\pi$, $\infty^2\Lambda_\infty$, C.
(5) $\oplus$ Gradient et paroi ∞^2P, $\infty^2\Lambda_\infty$.
(6) $\oplus$ Droite et cylindre ∞P, $\infty\pi$, Λ_∞, ∞^2L, ∞C.
(7) $\oplus$ { Point dans espace uniaxe / Point sur droite } ∞P, $\infty\pi$, Λ_∞, ∞^2L, ∞C.
(8) $\oplus$ { Point dans espace orienté / Droite orientée / Point sur paroi } ∞P, Λ_∞.
(9) Solide de révolution (travail au tour) Λ_∞.
(10) Cube $3\pi_4$, 6P, $3\Lambda_4$, $4\Lambda_3$, $6L_2$, C.
$\oplus$ Symétries identiques, symorphie différente.

Filiation simple



En allant du simple au complexe on rencontre ensuite l'espace anisotrope uniaxe. Il est caractérisé par une double infinité d'axes parallèles entre eux, non orientés et admet comme plans de symétrie les plans parallèles à l'axe (2 paramètres) et les plans π perpendiculaires (un paramètre). Les autres plans sont de dissymétrie.

$\infty\pi$ ∞^2P $\infty^2\Lambda_\infty$ ∞^3L ∞^3C Espace uniaxe (2)

Puis apparaît l'espace orienté parallèlement à un vecteur ou, ce qui revient au même, la dissymétrie du type gradient. Les plans π sont de dissymétrie et les centres ont disparu ainsi que les axes perpendiculaires à Λ.

∞^2P $\infty^2\Lambda_\infty$ Gradient ou paroi (orienté) (5)

Si la dissymétrie du type gradient présente une variation discontinue, on a une dissymétrie du type paroi présentant une variation brusque de densité. Les symétries sont les mêmes que dans le cas précédent, ce sont des transformations d'homogénéité qui ont disparu. Autrement dit les symétries sont les mêmes, mais la symorphie n'est pas la même. Dans l'échelle des symétries, c'est seulement un demi-échelon, on voit qu'il est d'importance.

Toujours dans le sens de la dissymétrie croissante, nous rencontrons ensuite la droite d'une part et l'axe orienté de

l'autre. La première possède une ligne de centres à un paramètre, le second ne possède pas de centre.

Leur symétrie est respectivement :

$$\infty P \quad \infty \pi \Lambda_\infty \quad \infty^2 L \quad \infty C \quad \text{droite} \qquad (6)$$
$$\infty P \quad \Lambda_\infty \quad \text{droite orientée} \qquad (8)$$

Si l'on compare aux deux cas précédents (2) et (5), on voit que l'échelle des symétries peut bifurquer, dans certains cas. L'orientation de l'espace et l'orientation d'un axe présentent tous deux une complication supplémentaire, par rapport aux cas analogues, qui admettent des centres. Cette complication a pour effet de supprimer les centres et les éléments plans et axes perpendiculaires à l'axe orienté. Une classification à deux paramètres constitue quand même une classification. Nous sommes assez habitués aux arbres généalogiques pour ne pas nous en effrayer. Il serait certes beaucoup plus agréable que l'échelle de simplicité soit linéaire, mais il n'en est rien, et ce n'est pas une raison suffisante pour l'ignorer, au contraire.

Si nous continuons notre route vers les dissymétries croissantes, nous rencontrons le point isolé dans l'espace.

Les symétries sont :

$$\infty^2 \pi \quad \infty^2 \Lambda_\infty C \quad \text{(point isolé)} \qquad (4)$$

Quand le centre est rejeté à l'infini on obtient les symétries du type paroi.

La simplicité du système point-espace est donc supérieure à la simplicité du système paroi.

Puis nous rencontrons le point dans un espace uniaxe, puis dans un espace orienté avec respectivement :

$$\infty P \; \pi \quad \Lambda_\infty \; C \quad \text{point d'espace uniaxe} \qquad (7)$$
$$\infty P \quad \Lambda_\infty \quad \text{point de l'espace orienté} \qquad (8)$$

En combinant entre eux cet ensemble de systèmes très simples, les physiciens ont donné la représentation d'un très grand nombre de phénomènes élémentaires, mais leur étude ferait partie d'un travail sur les éléments, non d'un travail sur une échelle de simplicité.

Les 230 groupes.

Pour celle-ci, nous indiquerons d'autres échelons choisis dans le domaine où les symétries ont été très soigneusement classées. Beaucoup de grands esprits [9] [10] ont travaillé à perfectionner l'échelle des symétries applicable au domaine des cristaux où il n'existe pas d'axe de révolution, ni d'axe d'ordre 5. Ils ont réalisé la classification des 230 groupes de déplacement

(9) Mauguin. — Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1931.
(10) Schoenflies. — Theorie der Krystallstruktur, 1923.

dont chacun peut être considéré comme un barreau de l'échelle, puisque les propriétés d'identification varient de l'un à l'autre. Bien entendu, il ne saurait être question de développer ici cette classification dans son intégralité parce que sa description complète exige un travail considérable. Sa complexité bien connue montre que le développement complet de l'échelle de simplicité exigera un travail important.

Néanmoins, il semble rationnel d'envisager cette classification en 230 groupes de recouvrement qui est valable pour les cristaux et qui atteint la rigueur d'une conception mathématique, parfaitement admise, comme le point de départ d'une échelle de simplicité destinée à classer les systèmes physiques au repos, dans l'espace enclidien.

Il conviendra d'y adjoindre une étude serrée des transformations T de l'espace qui conservent une simplicité équivalente à deux systèmes A et B transformés l'un dans l'autre par une de ces transformations T. De telles transformations définissent en effet un barreau de notre échelle de simplicité.

Amplitude de l'échelon.

On sait que les transformations qui reviennent à passer de A à B par un déplacement ou une symétrie conservent la complexité des deux systèmes. Dans l'échelle de la simplicité ils sont obligatoirement au même niveau puisqu'ils sont superposables par un déplacement ou par le truchement d'un troisième système dans le cas de la symétrie. Dans le cas de l'homothétie, il semble bien encore que le degré de l'échelle de simplicité soit conservé si on ne tient pas compte des approximations.

Si A et B sont homothétiques ou semblables, leur complexité est la même.

Que dire à ce point de vue de ces « similitudes » plus complexes où le temps intervient, et qui aboutit à l'étude sur modèles réduits ? Il est très probable que là encore, les deux modèles théoriques ont même complexité, lorsque la transformation est parfaitement définie. Mais nous avons convenu de ne pas sortir de l'espace euclidien et de ne pas envisager l'espace-temps où les symétries ne sont pas encore définies et groupées. Notre sujet est assez complexe pour le simplifier artificiellement

Le principal objectif immédiat nous semble être une échelle capable de classer la complexité, dans le domaine des éléments, et de donner les indications nécessaires au choix d'une représentation. Voici un exemple. Si nous admettons que l'homothétie simple, dans l'espace euclidien à trois paramètres, conserve la simplicité d'un système, ce qui doit être soigneusement contrôlé quand on tient compte des approximations, nous pouvons nous demander si une transformation par polaires réciproques la conserve aussi. De la même façon une transformation

par inversion semble compliquer les systèmes puisqu'une droite devient un cercle. Mais il y a réciprocité. On peut se demander dans quelle mesure une inversion conserve la simplicité d'un système donné A puisqu'elle simplifie certains systèmes et complique certains autres.

De même ,l'étude physique du magnétisme se fait en substituant des vecteurs, qui sont des déplacements dans l'espace, à l'intensité de rotations autour d'un axe non orienté, qui correspondrait à la symétrie causale du système. Il suffit, à cette fin, de présupposer une dissymétrie de l'espace que celui-ci ne comporte pas, mais qu'on introduit pour les besoins de cette représentation. La dite représentation a-t-elle même degré de complexité que celle obtenue par des rotations orientées ? Ou bien est-elle plus simple ? C'est un problème que l'on doit se poser quand on étudie une échelle de complexités.

On sait, comme l'a montré M. Bouligand (11) qu'une proposition A se conserve dans toutes les transformations qui constituent son domaine de causalité. Il reste à voir dans quelle mesure cela permettrait de déterminer l'amplitude de chaque échelon de simplicité, défini par un système physique schématisé.

Complexité de l'hypercube.

Pour montrer combien volontairement nous avons diminué l'étendue du sujet, nous comparerons les symétries de trois systèmes analogues choisis l'un dans le plan, l'autre dans l'espace, le troisième dans l'espace-temps.

Le premier sera le carré dont les 4 sommets ont pour coordonnées :

1 1 -1 1
1-1 -1-1

Le deuxième sera le cube dont les 8 sommets ont pour coordonnées :

1 1 1 1-1 1
1 1 -1 1-1-1
-1 1 1 -1-1 1
-1 1 -1 -1-1-1

Le troisième sera l'hypercube dont les 16 sommets ont pour coordonnées :

1 1 1 1 1 1-1 1
1 1 1-1 1 1-1-1
1-1 1 1 1-1-1 1
1-1 1-1 1-1-1-1
-1 1 1 1 -1 1-1 1
-1 1 1-1 -1 1-1-1
-1-1 1 1 -1-1-1 1
-1-1 1-1 -1-1-1-1

Chacun d'eux se déduit du précédent en le combinant successivement avec 1 et -1.

(11) Bouligand. — Principes de l'Analyse Géométrique, t. II A, ch. X.

Les propriétés d'itération fournissent quatre axes de symétries au carré, dans son espace à deux paramètres (les axes et les diagonales). Elles sont déjà beaucoup plus grandes avec le cube pour lequel les trois axes sont des axes quaternaires, les quatre diagonales des axes ternaires et les six demi-axes sont binaires, ce qui correspond à trois fois douze itérations. Les répétitions doivent être beaucoup plus considérables pour l'hypercube qui est un être beaucoup plus complexe, dans sa description. Nous n'avons pas trouvé ni beaucoup cherché il faut bien le dire, de renseignements sur ces itérations. Mais cette complexité a freiné notre étude des symétries dans l'espace-temps et a orienté notre travail vers l'édification d'une échelle de simplicité dans l'espace euclidien d'abord, ce qui suffit quand on veut préciser la décomposition des systèmes matériels en systèmes élémentaires dans l'espace.

Conclusion.

La décomposition des phénomènes dans l'espace-temps en éléments d'espace-temps, induit vers une échelle des symétries dans l'espace. Déjà tronqué de cette manière, le problème d'une échelle de simplicité, destinée à classer les systèmes élémentaires, semble justifier un effort continu de quelques chercheurs. L'échange périodique des idées et la mise en commun des renseignements relatifs à une question difficile, bénéficie d'une puissance singulière, celle de la persévérance.

C'est ainsi que nous avons pu attaquer et résoudre, en travaillant chaque semaine MM. Dervichian, Joly et moi-même, un problème abandonné par Henri Poincaré, celui de définir l'énergie ([12]).

Que deviendront les fameuses harmonies préétablies et la conception chère à Einstein : « L'idée de la simplicité mathématique est réalisée dans la nature. » Je suppose qu'elles feront bon ménage avec cette aimable notion du phlogistique à laquelle on n'a pas cherché de définition précise. Cependant par désir de conformisme, il est permis de penser qu'elles sont dues à la constitution même de notre cerveau. Son impuissance naturelle l'oblige à adopter de préférence les représentations qui sont à sa portée et à choisir les systèmes simples pour s'en servir. L'imperfection de nos sens nous impose d'en référer à des systèmes dont la présence peut être facilement repérée. Or, c'est précisément une des propriétés que possèdent les systèmes élémentaires à hautes symétries et à peu de paramètres. Si chacun possédait un cerveau comparable aux machines à calculer électroniques et des sens *ad hoc*, peut-être serait-on moins porté à

(12) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 239, p. 1603, 1954.

rechercher les grandes simplicités et les hautes symétries dont la fréquence, en nos esprits, est due à l'attention que nous y portons plus qu'aux soins de la nature. Celle-ci n'hésite pas à nous présenter des systèmes complexes, car elle se joue des difficultés analytiques. En ce sens on pourrait dire que les « harmonies préétablies » sont les filles de la faiblesse de nos sens et de notre esprit.

Si le monde a paru « simple » à Einstein, c'est parce qu'il possédait un cerveau merveilleusement apte à la recherche. Il voyait les choses dans l'espace-temps comme nous désirerions les voir, dans leur maximum de simplicité, compatible avec les réalités expérimentales.

P. Renaud.

LES LIVRES REÇUS

AUDUBERT (René). — Les ions en solution. I. Equilibres électrochimiques ; II. Cinétique électrochimique (Presses Universitaires, Paris). 1.400 fr. et 1.200 fr.

BARTSCH (Paul). — The Pyramidelled Mollusks of the Pliocene Deposits of North St Petersburg, Florida (Smithsonian Institution, Washington).

BIROT (Pierre). — (Voir p. 373.)

BLANCHE (R.). — (Voir p. 373.)

BOREL (Emile) et CHERON (André). — Théorie mathématique du Bridge à la portée de tous (Gauthier-Villars, Paris), 2.200 francs.

BOUTROUX (Pierre). — L'Idéal scientifique des Mathématiciens (Presses Universitaires, Paris). 800 francs.

COOPER (Paul L.). — The Archeological and Paleontological Salvage Program in the Missouri Basin (Smithsonian Institution, Washington).

DAUDEL (Pascaline). — La Radioactivité au service de la Chimie et de l'Industrie (La Science Vivante, Presses Universitaires, Paris). 800 francs.

DAUVILLIER (A.). — Cosmologie et Chimie (Presses Universitaires, Paris). 900 francs.

DEVIENNE (Marcel). — Etude thermique des écoulements d'air raréfié en régime moléculaire libre (Publ. Scient. et Tech. du Ministère de l'Air). 400 francs.

ESCANDE (L.). — Nouveaux compléments d'Hydraulique (Publ. Scient. et Tech. du Ministère de l'Air). 2.400 francs.

FOURNIER (M.). — L'Ere des Matières plastiques (Coll. « Les Heures Scientifiques », Dunod, Paris. 560 francs.

FRECHET (Maurice). — Les Mathématiques et le Concret (Presses Universitaires, Paris). 1.500 francs.

GAMOV (G.). — Biographie de la Terre (Dunod, Paris). 680 francs.

GARRATT (D. C.). — The quantitative Analysis of Drugs (Chapman et Hall, Londres). 70/-.

GONSETH (Ferdinand). — La Géométrie et le Problème de l'Espace. VI. Le Problème de l'Espace (Dunod, Paris, et Le Griffon, Neufchâtel). 950 francs.

JUILLET, SUSPLUGAS et COURP. — Les Oléagineux et leurs tourteaux (Encyclopédie Biologique XXIV, Lechevalier, Paris). 9.000 francs.

LICHTWITZ (Otto). — Mécanismes pour mouvement intermittent (Gauthier-Villars, Paris). 1.600 francs.

(Voir suite p. 354.)

L'amélioration biochimique des plantes cultivées

par L. GENEVOIS

Professeur de Chimie biologique et Physiologie végétale à la Faculté des Sciences de Bordeaux

Les plantes qui servent de matière première à notre alimentation végétale ont été sélectionnées à des époques fort lointaines ; le blé, l'orge, nous viennent du Proche-Orient avec la vigne ; poires et pommes étaient déjà cultivées par les Romains ; pêches et abricots viennent de l'Iran. En Extrême-Orient, ont été sélectionnés les sojas, les riz. Les Incas ont été les bienfaiteurs de l'humanité, avec la pomme de terre, l'arachide, diverses variétés de maïs ; les Aztèques ont sélectionné le cacaoyer, le maïs. Si l'on attribue à des horticulteurs de la Renaissance beaucoup de nos variétés de choux, et d'autres légumes, l'effort de sélection n'a pas suivi, dans le XIX^e^ siècle, l'ampleur des progrès scientifiques. Seule la betterave sucrière peut être inscrite au palmarès de cette époque, comme plante ayant fait des « progrès » considérables.

Les critères de sélection ont été purement empiriques ; pour les céréales, l'aptitude à faire une pâte, à faire du pain a fait délaisser les mils, les seigles, les orges, les sarrazins, pour les blés. Chez les fruits, la sélection a distingué les variétés sucrées, peu acides, peu astringentes. Les prunelles sauvages, les pommiers à cidre nous donnent une idée des lointains ancêtres de nos fruits. La notion de fruits antiscorbutiques apparaît dès le XVII^e^ siècle, en faveur des agrumes, fraises, cerises, sans donner naissance à un grand effort biologique, sinon la coutume d'élever des citronniers dans les « orangeries » des châteaux.

Depuis les découvertes biochimiques modernes : vitamines, aminoacides indispensables, la possibilité d'un nouvel effort de sélection des végétaux alimentaires est apparue ; des résultats remarquables ont été très rapidement acquis, d'autres sont encore possibles ; nous allons en donner un bref aperçu.

Les aliments végétaux sont la source pratiquement exclusive de l'acide ascorbique de notre alimentation. Or, l'acide ascorbique, indispensable à beaucoup d'animaux, n'est pas pour cela indispensable aux végétaux ; tout au moins, sa distribution est-elle d'une irrégularité étonnante. Chez *Solanum Melongena*, l'aubergine, on en trouve à peine 50 mg au kg de fruit frais ; chez *Solanum Lycopersicum*, la tomate, 300 à 500 mg/kg. ; chez le piment, *Capsicum annuum*, 1,5 à 2,5 gr. au kg. Chez les pommes, à l'intérieur d'une même espèce, les teneurs varient de 20 à

500 mg. par kg de pulpe fraîche. Chez les choux, dans les feuilles, on cite des chiffres allant de 200 à 1.500 mg. par kg de tissu frais. Mieux, l'acide ascorbique semble prendre un malin plaisir à s'accumuler là où on l'attendrait le moins ; dans beaucoup de pétales, par exemple ceux de glaïeuls, les concentrations peuvent y dépasser le gramme par kilog frais ; elles ont permis parfois une exploitation industrielle remarquable.

Rappelons que la ration quotidienne en vitamine C a été chiffrée par la commission anglaise à 25 mg., par la commission américaine à 50 mg., 100 gr. d'une pomme riche (à 500 mg. au kilog apportent la ration quotidienne « riche », 100 gr. d'une pomme pauvre (50 mg. au kilog) apportent peu de chose, même à l'égard de la ration anglaise. Une pomme à 250 mg. au kg sera un aliment utile au point de vue vitamine C ; une pomme à 50 ou 80, un aliment médiocre. Or, l'étude des variétés commerciales répandues vers 1935, a révélé que presque toutes étaient de la catégorie « pauvre ». Cependant, une variété de longue conservation, la reinette jaune du Mans, s'est révélée bonne (200 mg./kg) ; elle a été depuis, très heureusement, considérablement multipliée, et vulgarisée commercialement.

En Allemagne, le professeur Schuphan a démontré, sur le cobaye, la valeur antiscorbutique réelle de la pomme Ontario (1954) (206 mg./kg) et la faible valeur de la pomme Oldenburg (31 mg./kg). Il a créé la notion de « pommes diététiques », recommandées aux enfants et malades, en attendant que le verger allemand soit regreffé en pommiers à haute valeur biologique. Au bout de trois semaines d'un régime contenant 500 gr. de pommes, un groupe de vingt enfants nourris avec la pomme Oldenburg a vu son taux d'acide ascorbique tomber de 7,1 à 4,6 mg./litre de sang ; un groupe de vingt enfants recevant des pommes Ontario, a vu son taux d'acide ascorbique monter de 6,3 à 8,4 mg./litre.

En France, la station pomologique de Rennes, sous l'intelligente direction de M. Tavernier, a depuis longtemps établi la classification de nos variétés françaises, et distingué nommément la Calville Blanc (590 mg./kg), la Calville rouge de Savignac (184), la Reinette d'Armorique (253), la Reinette jaune du Mans (255), la Reinette de Saintonge (193).

Le cas du fruit pomme se retrouve dans la pêche : E. Peynaud a étudié les pêches de la collection de la station de la Grande-Ferrade, près Bordeaux, et a trouvé, comme pour les pommes, quelques variétés riches, et beaucoup de variétés pauvres. Parmi les prunes, par contre, il a été jusqu'ici impossible de trouver des variétés réellement riches. Les raisins sont toujours pratiquement dépourvus de vitamine C.

Tous les fruits ne se comportent pas d'une façon aussi désordonnées : toutes les variétés commerciales d'agrumes, de

tomates, sont riches ; toutes les variétés de piments très riches. Quelques variétés de tomates à petits fruits : tomates cerises, tomates groseilles, sont un peu plus riches ; elles ne présentent pas d'intérêt par rapport aux variétés commerciales, de 100 gr. environ, dont chaque fruit apporte de 25 à 35 mg. d'acide utile. Si l'on fait le compte de l'acide ascorbique apporté par un pied, on s'aperçoit que les variétés à gros fruits, les variétés à grand rendement commercial, sont aussi celles qui apportent le plus : la sélection « commerciale » se trouve être ici une sélection de la valeur biologique pratique. Nous verrons ce qu'il reste à faire pour obtenir des tomates riches en provitamine A.

Dans certains cas, la sélection est à faire, non au point de vue teneur en acide ascorbique, mais au point de vue grosseur des baies, teneur en sucre, rendement par pied : c'est le cas du cassis, qui a été longuement étudié en Allemagne par le professeur Rudorf et ses collaborateurs, dans le but d'augmenter les rendements de cette culture. Nos cassis semblent encore près de « l'état de nature » et semblent n'avoir pas passé par les longues et multiples sélections qu'ont subi fraises ou pêches, par exemple.

• Il faut remarquer qu'ici encore, les cassis, qui renferment 1 à 3 gr. d'acide ascorbique au kg, se séparent de leurs frères les groseilliers, qui n'ont que de 0,2 à 0,4 gr.

Un exemple des possibilités qui dorment est celui de l'Actinidie de Chine : cette liane donne des fruits de la grosseur d'une belle prune, sucrés et doux, très agréables, et contenant 2 gr. d'acide ascorbique au kg, c'est-à-dire dépassant de loin nos meilleurs fruits. Mitchourine a déjà cultivé cette plante, et l'a propagé en Russie depuis de longues années. En France, elle est restée à l'état de curiosité de collection, alors qu'elle y fructifie, sous le climat de Paris ; elle se plairait certainement en beaucoup de régions de notre Midi.

La plupart des fruits restent à étudier au point de vue des vitamines hydrosolubles autres que C. L'apport d'inositol est souvent important, notamment le raisin. Par contre, les vitamines du métabolisme glucidique : B_1, nicotinamide, ou protéique : B_2, B_6, ne semblent pas se concentrer dans les fruits, où l'on en trouve généralement moins de 1 mg./kg frais.

La provitamine A, ou carotène β, a donné aux biochimistes des végétaux l'occasion d'une de leurs plus belles victoires.

L'épiderme et la pulpe de la tomate et du piment contiennent dans leurs cellules des cristaux rouges en baguettes allongées, décrits sous le nom de « solanorubine » par le botaniste Millardet, en 1876, qui a distingué ainsi ce corps du carotène β cristallisé en hexagones. La « solanorubine » de Millardet est devenue le lycopène, dont la molécule chimique a été décrite par Karrer et ses élèves comme un carbure aliphatique

fortement insaturé (13 doubles liaisons). L'école de Karrer a récemment fait la synthèse totale du lycopène ; elle a observé à cette occasion que, sous l'action d'une trace d'acide, les extrémités de la chaîne se cyclisent, pour donner le carotène β. Il a donc été prouvé chimiquement ce que les physiologistes pensaient déjà : le lycopène est la substance mère du carotène β.

En fait, les végétaux qui contiennent dans leurs tissus du carotène β contiennent toujours des traces de lycopène, ou tout au moins de carotène γ, qui est du lycopène à demi transformé en carotène β. Réciproquement, là où, comme dans la tomate, il y a des quantités notables de lycopène, il y a toujours les carotènes γ et β.

L'expérience a montré qu'il a été facile d'isoler, dans la descendance de croisements de tomates sauvages (*L. pimpinnellifolium*) et de tomates cultivées, des pieds à haute teneur en carotène β ; de 5 mg. au kg, en quatre générations, les sélectionneurs sont passés à 100 mg. au kg frais. Deux équipes de chercheurs ont réussi cette performance, celle de la « *Purdue University* » (Lincoln, Zscheile, Porter, Kohler, Caldwell, Harper, Silver) attelée à la besogne dès 1943, publiait dès 1945 des résultats encourageants, dès 1947 des résultats définitifs, et l'équipe de Berkeley, avec McKinney, Rick, Jenkins qui a démontré que les caroténoïdes jaunes, dialcools (xanthophylles) n'intervenaient pas dans cette transformation.

La signification pratique de cet enrichissement en carotène β est donnée par les chiffres suivants :

L'homme a besoin d'environ 2 mg. de vitamine A par jour ; la molécule de carotène β peut donner deux molécules de vitamine A chez l'animal ; chez l'homme, la résorption et la transformation du carotène β se font avec un mauvais rendement, en sorte que l'on peut admettre que le carotène β remplace la moitié de son poids de vitamine A. Dans ces conditions, 100 gr. de tomates « ordinaires » apportent 0,5 mg. de carotène β qui donnent à peine plus de 1/10^{e} de la vitamine A nécessaire. 100 gr. de tomates « enrichies » en carotène β apporteront 10 mg. de carotène β, de quoi couvrir 2,5 fois les besoins journaliers. D'un aliment passable, on aura fait un aliment remarquable.

Tous les fruits contenant du lycopène pourront sans doute être transformés ainsi en fruits à carotène β ; c'est le cas du piment par exemple.

La plupart des carottes sont déjà naturellement riches en carotène β ; le carotène α (qui a encore une « fonction vitamine » par molécule), est toujours moins abondant que β. Les variétés cultivées en Europe vers 1940 contenaient de 60 à

140 mg. de carotènes totaux (β et α). Un effort a été fait pour obtenir des carottes très riches en carotènes : des teneurs de 300 mg. au kg ont été publiées.

D'autre part, la sélection a augmenté le poids de la racine : les carottes cultivées couramment ont des racines « adultes » de 100 à 200 gr., des carottes fourragères de 500 gr., voire 1.000 gr. ont été obtenues. Le problème d'obtenir des caroténoïdes bon marché, en qualité « aliment humain », ou « aliment du bétail » a été résolu. Si l'on ajoute que la carotte en copeaux est un des légumes qui se déshydrate le plus facilement, avec le moins de perte de qualité, on jugera de la valeur pratique de ces progrès.

Les caroténoïdes des graines, des grains de céréales, fournissent un autre exemple d'étude biochimique récente. Les farines de blé, orge, avoine, sont de couleur crème ; l'éther de pétrole dissout des colorants jaunes, de l'ordre de 2 à 3 mg. par kilog de farine. Ces colorants jaunes se sont révélés à l'analyse chromatographique être constitués à peu près uniquement par des « xanthophylles », c'est-à-dire des dialcools sans aucune action de provitamine A ; le carotène β, s'il existe, ne dépasse pas quelques dizaines de γ par kilog. Les extraits du grain entier se comportent de même, en sorte qu'il faut renoncer à attribuer une valeur quelconque de provitamine A aux grains de ces céréales.

Les maïs roux ou rouges, par contre, contiennent du « cryptoxanthol », caroténoïde monoalcool de couleur orange, constitué par une moitié de carotène β et une moitié de caroténol. Dès 1920, Steenbock et Boutwell observaient que les maïs blancs ou peu colorés étaient sans action de provitamine A sur les animaux d'élevage, les maïs colorés par contre étaient actifs. De cette observation capitale est sortie la notion, au début combattue par des expérimentateurs maladroits, que certains caroténoïdes au moins sont des « provitamines A ».

Le cryptoxanthol accompagne dans le maïs des xanthophylles, sans action vitaminique A. Selon les races et les sélections, les teneurs en cryptoxanthol peuvent varier de 0 à 10 mg./kg sec.

Ce dernier chiffre s'applique à des maïs roux récemment sélectionnés. On peut estimer à 0,1 mg. par jour et par kilog d'animal, pour des oiseaux de basse-cour, une ration abondante de cryptoxanthol, considéré comme provitamine A. Les maïs riches en cryptoxanthol apportent cette ration dans 10 gr., c'est-à-dire dans une quantité ne représentant qu'une partie de la nourriture quotidienne de l'animal.

La biochimie moderne des caroténoïdes a donc permis de créer des tomates, des carottes, et des maïs considérablement meilleurs que les variétés existant il y a vingt ans seulement.

Nous n'utilisons pas encore toutes les possibilités que nous offre l'étude chimique des végétaux, le maïs, comme toutes les céréales, contient un peu d'huile, siccative par ailleurs, principalement dans le germe. L'étude systématique de près de quatre cents variétés de maïs, a permis à Lofland, Quackenbush et Brunson (1954) de mettre en évidence des variétés ayant jusqu'à 14 % d'huile. D'une variété à l'autre, la composition de l'huile varie d'ailleurs beaucoup.

TABLEAU I

Variabilité des teneurs en huile et de la composition des acides gras de l'huile, chez divers maïs. Choix de dix exemples sur trois cent quatre-vingt-douze échantillons étudiés. Récolte 1950, à Lafayette (Indiana), (*Purdue University*), (Lofland, Quackenbush, Brunson, 1954).

N° de l'échantillon	Teneur en huile %	Acides gras linoléique	oléique	saturés
4	2,6	68	26	6
5	2,7	59	41	0
7	2,6	66	20	14
55	5,8	56	38	6
67	5,4	62	28	10
72	5,6	51	39	10
17	9,4	16	70	14
23	9,8	38	43	19
73	9,9	19	76	5
69	13,8	44	45	11
75	13,1	29	62	9
87	12,5	31	60	9

En poussant tant soit peu cette sélection, on ferait du maïs une plante oléagineuse du climat méditerranéen.

Un exemple célèbre et récent de sélection d'une plante alimentaire nouvelle, est celle du lupin doux, réalisée par Von Sengbusch, à la station de Müncheberg, entre 1932 et 1936. Dans l'examen d'un million de pieds de lupin, étudiés un par un, grâce à une méthode rapide de détection de l'alcaloïde, trois pieds se trouvèrent pratiquement sans alcaloïde : de ces trois pieds sont issus tous les lupins doux cultivés dans le monde aujourd'hui. Deux choses sont nécessaires au succès d'une sélection : la possibilité d'avoir une « population » de l'ordre du million d'individus, et la possibilité d'avoir des méthodes chimiques d'analyse suffisamment rapides pour étudier tous les individus de cette population.

La sélection de la betterave sucrière a commencé à faire de gros progrès du jour où (vers 1860) le polarimètre a permis

de doser la saccharose chez un très grand nombre de pieds individuellement.

Le plus important problème de la sélection biochimique des végétaux, est à l'heure actuelle celui des protéines végétales des régions tropicales. Dans la plupart de ces régions, soit faute d'espace (Chine, Japon), soit par suite des parasites (tsé-tsé de l'Afrique), soit par suite de la chaleur (le rendement en lait diminue en proportion de la transpiration des animaux), l'élevage des bovins, la production du lait et de la viande, sont impossibles ou très limités. La nourriture de la plus grande partie de l'humanité est ainsi essentiellement végétarienne, les protéines animales étant limitées au poisson, frais, séché ou fumé. Les protéines du riz, du soja, ont ainsi un rôle que n'ont pas nos protéines du blé. En certaines régions végétariennes d'Afrique, sévissent chez les enfants des maladies de malnutrition, de déficiences en protéines, que l'on groupe sous le nom de « Kwashiorkor ».

La qualité des protéines des graines a donc une importance vitale dans ces régions. Par un fait curieux et encore mal expliqué, les protéines de réserves des graines sont indépendantes des protéines, des aminoacides des feuilles. Alors que toutes les feuilles contiennent la gamme complète d'aminoacides, les graines sont souvent déficientes en certains aminoacides. Un exemple célèbre est la zéine du grain de maïs, manquant totalement de lysine et de tryptophane, aminoacides pourtant présents dans la feuille de la plante. Les diverses graines sont heureusement diversement incomplètes, en sorte qu'un mélange de graines convenablement choisies peut représenter une alimentation à peu près complète ; tous les éleveurs savent que l'orge, l'avoine et le maïs se complètent réciproquement ; les mils, le chenevis se complètent pour les petits oiseaux. Les travaux d'Osborne et Mendel ont, dès les années 1905-1912 attiré l'attention des nutritionnistes sur les carences en aminoacides de certaines graines végétales ; ils ont ainsi fondé solidement un des plus beaux chapitres de l'histoire des protéines, et de la science de la nutrition.

Par un fait curieux, aucun effort de sélection végétale n'a encore suivi les beaux travaux d'Osborne et Mendel. Depuis ces travaux, le soja a été introduit massivement dans l'alimentation des porcs américains, parce que ses protéines sont à peu près équilibrées.

Le riz a pris une place d'honneur parmi les céréales, ses protéines étant supérieures à celles des blés, seigles, orges. Les protéines d'arachide se classent un peu au-dessous de celles du soja. Mais les données publiées sur les innombrables légumineuses cultivées en Europe ou en Afrique sont plus que sommaires.

Le blé est à peu près la seule plante dont les protéines aient été étudiées en fonction de la race et du milieu ; nous savons que la qualité boulangère des blés est essentiellement liée au climat, les blés du Manitoba ne se font qu'au Manitoba ; les taux et les qualités des protéines sont plus élevées dans cette région qu'ailleurs. Nous ignorons encore les facteurs chimiques de la qualité physique du gluten. Les individualités chimiques qui constituent le gluten sont d'ailleurs encore mal décrites. Chaque graine contient un mélange de protéines, protéines de réserves, ou protéines-ferments ; le climat fait certainement varier les proportions de ces protéines, sinon la composition de certaines de ces protéines.

Les méthodes d'isolement des protéines, les méthodes d'analyse des aminoacides (chromatographie, ou microbiologie, ou réactions chimiques) sont aujourd'hui suffisamment avancées pour résoudre ces problèmes. Chibnall a consacré (en 1939), une belle monographie à ce problème ; Block et Balling (1952) ont compilé les données analytiques connues.

Dans certains genres : Phaseolus, Soja, Pisum, la sélection portant sur des caractères macroscopiques a déjà isolé un grand nombre de variétés, plusieurs centaines dans chaque genre, elle pourra servir de base à la sélection biochimique.

Ce travail exigera la collaboration de nombreux laboratoires appartenant à des pays différents.

Une association internationale de la qualité végétale est en voie de constitution ; elle cherche à créer des liens entre tous les chercheurs s'occupant de l'amélioration biochimique des plantes cultivées. Les Journées scientifiques des fruits et légumes, organisées par le Centre national de coordination des études et recherches sur la nutrition et l'alimentation, centre présidé par le professeur Terroine, à l'Institut national agronomique, à Paris, du 28 septembre au 7 octobre 1955, ont exposé pour la première fois devant le public français, ces problèmes modernes d'amélioration de notre alimentation.

L. Genevois.

BIBLIOGRAPHIE

(1) Block-Bolling : *The Aminoacids composition of Proteins and Foods*, Springfied, 1952.

(2) Chibnall (Alb. Charles) : *Protein Metabolism in the Plant*, Yale, 1939.

(3) Genevois (L.) : *Bull. Soc. Chim. Biol.* 25 ; 315, 1940.

(4) Lincoln (R. E.), Zscheille (E. P.), Porter (J. W.), Kohler (C. W.), Caldwell (R. M.), Harper (R. H.), Silver (W.) : *Bot. Gazette*. 105, 113, 1943 ; 109, 219, 1947.

(5) Lofland (H. B.), Quackenbusch (E. W.) : *J. of Americ. Oil Chemists's Society*, 31, 412, 1954.

(6) Mackinney (G.), Rick (C. M.), Jenkins (J. A.) : *Proc. of the National Ac. of Sciences*, 40, 695, 1954.

(7) Mitchourine : *Œuvres choisies*, Moscou, 1949, p. 487-493.

(8) Peynaud : *Revue Horticole* 30, 295, 318, 1947 ; 31, 69, 111, 1948 ; 32, 24, 52, 1949 et *Annales Agronomiques* 1, 775, 1950 ; 2, 51, 1951.

(9) Steenbock (H.), Boutwell (P.) : *J. Biol. Chem.* 41, 81, 1920.

(10) Von Sengbusch : *Der Züchter* 2, 1, 1930 ; 3, 93, 1931 ; 4, 113, 1932 ; 6, 62, 1934 ; 9, 57, 255, 1937 ; 10, 42, 1938.

(11) Tavernier (J.), Jacquin (P.) : *Bulletin de l'Association des Chimistes* 63, 3, 1946.

LES LIVRES REÇUS (suite)

PAILLOUX (H.). — Un aspect du calcul tensoriel (Mémorial des Sciences Math., Gauthier-Villars, Paris). 1.100 francs.

PENDE (Nicolas). — Traité de Médecine biotypologique (Doin, Paris).

PIVETEAU (J.). — Traité de Paléontologie. Tome V : Amphibiens, Reptiles, Oiseaux (Masson et Cie, Paris). 12.800 fr. relié, 12.000 broché.

REBOUL (Georges) et REBOUL (Jean-Antoine). — Probabilités Physiques (Dunod, Paris).

RENAULT (R.). — Chimie Agricole. Tome I : Chimie végétale (Eyrolles et Gauthiers-Villars, Paris). 3.400 francs.

ROTH (C. J.). — Les métamorphoses des Batraciens (Coll. « Les Heures Scientifiques, Dunod, Paris). 420 francs.

ROUAULT (Marcel). — Physique atomique (Coll. Armand Colin, Paris). 300 fr.

SMITH (Lymzn B.). — The Bromeliaceae of Brazil (Smithsonian Institution, Washington).

TONNELAT (Marie-Antoinette). — La théorie du camp unifié d'Einstein et quelques-uns de ses développements (Gauthier-Villars, Paris). 2.500 fr.

ULLMO (Jean). — La crise de la Physique quantique (Act. Scientifiques et Industrielles, Harmann et Cie, Paris).

VAN BLADEL (J.). — Les applications du Radar à l'Astronomie et à la Météorologie (Gauthier-Villars, Paris). 1.600 francs.

VANNIER (Dr Léon). — La Typologie et ses applications thérapeutiques (Doin, Paris). 5.900 francs.

WATT (George W.) et HATCH (Lewis F.). — The Science of Chemistry (Mc Graw Hill Book C°, Londres et New-York). 41/6.

WENGER (Paul E.), MONNIER (Denys) et RUSCONI (Yvonne). — Analyse Qualitative Minérale (Georg, Genève).

RÉFLEXIONS SUR LA SCIENCE BYZANTINE

par Basile SIMONIDE et Jean THÉODORIDÈS

(Athènes) (Paris)

« *Si nous possédons encore une grande partie des œuvres scientifiques grecques, nous le devons presque exclusivement aux Byzantins tant diffamés.* » (1)

(J.-L. Heiberg, 1931.)

L'un de nous ayant récemment parcouru l'ensemble de la littérature concernant les sciences exactes et naturelles à Byzance, en vue de la rédaction d'un article général sur la Science byzantine (2), il nous a semblé opportun de compléter ce dernier travail par quelques réflexions sur cette question, rédigées en collaboration.

En effet, beaucoup d'historiens de la science médiévale n'accordent pas à Byzance la place qu'elle mérite et cette injustice doit, semble-t-il, être réparée.

***

Rappelons tout d'abord brièvement dans quel cadre universitaire les diverses sciences étaient enseignées à Byzance : dès 330 une université avait été fondée à Constantinople par Constantin ; elle fut réorganisée et agrandie par Théodose II en 425, et elle existe toujours sous Héraclius (610-641).

Il y avait également des universités en province (Antioche, Alexandrie, Beyrouth, Gaza, Athènes).

Du VII[e] au IX[e] siècle, l'enseignement à Byzance traverse une période difficile (querelle des iconoclastes et des iconodules) et ce n'est qu'en 863 que Bardas réorganise l'université, cette réorganisation étant encore perfectionnée par Constantin IX Monomaque en 1045.

L'université de Constantinople fonctionna jusqu'à la prise de la ville par les Croisés, en 1204.

---

(1) Heiberg (J. L.), 1931. — *Les Sciences grecques et leur transmission.* Deuxième partie : L'Œuvre de conservation et de transmission des Byzantins et des Arabes. *Scientia*, 31, 97-104.

(2) Théodoridès (J.), 1956. — *La Science Byzantine* in Histoire Générale des Sciences. Vol. I, Presses Univ. France, Paris (sous presse).

Pendant l'occupation latine, les savants byzantins se réfugièrent à la cour exilée de Nicée où ils continuèrent à enseigner.

Après la chute de l'empire latin, l'université impériale fut réorganisée par Andronic II Paléologue et placée sous l'autorité d'un Grand Logothète.

Sous Manuel II (1391-1425), l'organisation universitaire fut perfectionnée et les études médicales prirent une grande importance.

Ainsi, pendant onze siècles, une solide tradition universitaire fut maintenue à Byzance en dépit des difficultés intérieures et extérieures de l'Empire, et il convient de rappeler à ce propos que les plus anciennes universités européennes ne virent le jour qu'à partir du XIII^e^ *siècle.*

Les Sciences que l'on étudiait dans l'Empire grec d'Orient comprenaient d'une part les *sciences exactes* (arithmétique, géométrie, musique théorique, astronomie) constituant le *Quadrivium* dont l'enseignement succédait à celui de la rhétorique ; il faut y ajouter la « physique » (histoire naturelle, physique proprement dite et chimie) et la médecine. Nous examinerons maintenant rapidement la contribution des savants byzantins dans ces diverses disciplines, renvoyant pour le détail à l'article de l'un de nous cité note.

1. Sciences exactes.

Au début de l'Empire byzantin (IV^e^-VI^e^ siècles) s'illustrent encore des mathématiciens et astronomes alexandrins tels Proclos, Marinos, Simplicios et Jean Philopon, Sous Justinien vécurent les célèbres architectes de Sainte-Sophie : Isidore de Milet et Anthémios de Tralles, ainsi qu'Eutokios d'Ascalon et Domninos de Larissa.

Après Etienne d'Alexandrie, contemporain d'Héraclius, les sciences exactes subirent une éclipse à Byzance et ce n'est qu'avec la période d'éclat du X^e^ siècle que l'on trouve les écrits mathématiques de Héron le Jeune, Léon le Mathématicien et Psellos.

Au XII^e^ siècle, Jean Tzetzès écrit des ouvrages d'astronomie, et sous les Paléologues, du XIII^e^ au XV^e^ siècle, il y eut une renaissance scientifique dans les mathématiques et en astronomie (3) : Georges Pachymère (1242-1310) rédigea un important

(3) Tatakis (B.), 1949. — *La Philosophie byzantine* (fasc. suppl. n° II de l'*Histoire de la Philosophie* de E. Bréhier), 1 vol. 323 p. Presses Univ. France, Paris (cf. pp. 232-61).

traité sur le *Quadrivium* (4), il connaissait les chiffres hindous et aurait résolu divers problèmes mathématiques peu traités à cette époque ; Planude commenta Diophante et employa, le premier à Byzance, le chiffre zéro emprunté aux hindous ; Manuel Moschopoulos (vers 1282-1328) est l'auteur d'un « Livre sur les carrés magiques » ; Rhabdas écrivit vers 1341 deux lettres sur l'arithmétique concernant les chiffres, la notation des racines carrées, la règle de trois et dix-huit problèmes inédits (5).

En astronomie (6), il faut citer les noms de Nicéphore Blemmydès, Théodore Métochite, Nicéphore Grégoras (7), Isaac Argyros, Théodore Méliténiote et Georges Chrysococcès.

2. Alchimie, chimie.

Dès le début du IVe siècle, des ouvrages alchimiques d'origine orientale étaient commentés à Byzance, et, à partir du VIe siècle, l'alchimie grecque passait aux Syriens et aux Arabes. La plupart des écrits alchimiques byzantins ont été rédigés à Constantinople du VIIIe au Xe siècle ; en dépit de leur caractère souvent occulte, ils sont intéressants pour l'histoire de la chimie, car on y trouve représentés divers appareils remontant à une tradition très ancienne (8).

En chimie, les Byzantins avaient des connaissances techniques qui leur servirent à maintes reprises pour défendre Constantinople assiégée : il s'agit du célèbre *feu grégeois* (liquide composé de naphte, bitume et salpêtre) lancé sur l'ennemi à l'aide de divers appareils, qui fut employé pour la première fois au VIIe siècle où il avait été mis au point par un Syrien du nom de Callinicos. Marc le Grec écrivit un traité sur les diverses compositions pyrotechniques byzantines (9).

3. Sciences Naturelles.

La contribution des Byzantins à la *botanique* est surtout représentée par les écrits médicaux dans lesquels sont citées de nombreuses plantes médicinales (370 chez Nicolas Myrepsos)

---

(4) Tannery (P.), 1940. — *Quadrivium* de Georges Pachymère (texte révisé et établi par E. Stéphanou, préface de V. Laurent) *Studi e Testi* (Vatican), 94, CII + 456 p.

(5) Tannery (P.), 1920. — *Sciences exactes chez les Byzantins*, 1 vol., 444 p. Gauthier-Villars, Paris (cf. pp. 61-198).

(6) Cotsakis (D.), 1954. — *L'astronomie et l'astrologie à l'époque byzantine* (en grec moderne, résumé français), *Epeteris Etair. Byz. Spod*, 24, 204-29.

(7) Guilland (R.), 1926. — *Nicéphore Grégoras. L'homme et l'œuvre*, 1 vol., 298 p., Geuthner, Paris.

(8) Berthelot (M.), 1938. — *Introduction à l'étude de la chimie des Anciens et du Moyen Age*, 1 vol., 330 p. Librairie Sciences et Arts, Paris (réimpression).

(9) Mercier (M.), 1952. — *Le feu grégeois ; les feux de guerre depuis l'Antiquité ; la poudre à canon*, 1 vol., 104 p., Geuthner, Paris.

et par des lexiques de botanique médicale (10). Il faut également citer les « Géoponica », recueil agricole composé sous Constantin Porphyrogénète (x^e siècle) dans lequel se trouvent de nombreux passages concernant les végétaux (11).

En *zoologie* (12), on peut citer quelques auteurs qui ont mentionné ou décrit des animaux dans leur œuvre (Timothée de Gaza, Cosmas Indicopleustès, Manuel Philès, etc...), mais il s'agit là plutôt de littérature que de science. Au contraire, Byzance a joué un certain rôle dans l'histoire de la zoologie appliquée : introduction du ver à soie et de son élevage d'Extrême-Orient à Constantinople, sous Justinien, questions de zoologie agricole, médicale et vétérinaire, et de zootechnie traitées dans les « Géoponica » et dans divers ouvrages de fauconnerie et de cynégétique.

Il faut enfin rappeler que certains artistes byzantins ont reproduit avec une très grande fidélité des plantes et des animaux, en particulier dans diverses illustrations de manuscrits.

4. Sciences médicales.

La *médecine* (13) est une des sciences qui a été le mieux étudiée par les Byzantins. Comme pour les mathématiques, ce sont tout d'abord les médecins alexandrins qui ont été dans l'Empire grec d'Orient les continuateurs des auteurs médicaux classiques. La doctrine chrétienne eut également une grande influence sur la médecine byzantine.

Oribase (14), né vers 325, fut le premier grand médecin de l'Empire byzantin. Sous Justinien s'illustrèrent au VI^e siècle Aetios d'Amida (15) qui, comme Oribase, a réuni en une vaste encyclopédie les passages les plus importants des œuvres de ses prédécesseurs, et Alexandre de Tralles (16) dont le traité médical eut une grande diffusion. Cet auteur ne s'est pas borné à répé-

---

(10) Thomson (M. H.), 1955. — *Textes grecs inédits relatifs aux plantes*, 1 vol., 174 p. Les Belles Lettres, Paris.

(11) L'un de nous (B. S.) étant spécialiste en Agriculture comme Ingénieur agricole (Grignon) travaille déjà à une traduction française avec analyse et commentaires techniques de cet important ouvrage de Phytotechnie et de Zootechnie byzantines. Ce travail est prévu dans le programme des éditions du nouveau Groupe Hellénique d'Histoire des Sciences et Techniques, dont l'auteur est l'un des vice-présidents.

(12) Théodoridès (J.), 1953. — Introduction à l'étude de la Zoologie byzantine. *Actes 7^e Congrès Internat. Hist. Sciences*, p. 601-9.

(13) Pournaropoulos (G. K.), 1942. — *Histoire de la Médecine byzantine* (en grec moderne), 1 vol., 183 p., Athènes.

(14) Bussemaker (U.) et Daremberg (C. V.), 1851-76. — *Œuvres d'Oribase*, 6 vol., Paris.

(15) Olivieri (A.), 1935. — *Aetius Amidenus. Libri medicinales*, 1-4 Teubner, Leipzig et Berlin. — Théodoridès (J.), 1956. — Sur le 13^e Livre du Traité d'Aetios d'Amida, médecin byzantin du VI^e siècle. *C. R. 14^e Congr. Int. Hist. Méd.* (*Rome* 1954) (sous presse).

ter les idées d'Hippocrate et Galien avec lesquels il n'est d'ailleurs pas toujours d'accord et fait preuve de son expérience personnelle en ce qui concerne les maladies du système nerveux, des voies respiratoires et du tube digestif.

Paul d'Egine (VII^e siècle) fut un novateur en chirurgie ; *ses œuvres furent rapidement traduites en arabe et de l'arabe en latin* (17).

Au XI^e siècle on peut citer Syméon Seth, au XIII^e Démètrios Pépagomènos et Nicolas Myrepsos, au XIV^e Jean Actuarios qui ont tous laissé des œuvres très intéressantes.

Il faut également rappeler ici que les services hospitaliers (hôpitaux, hospices, léproseries) étaient très bien organisés à Byzance dès le VI^e siècle, et qu'au XII^e fut fondé le grand hôpital du Pantocrator.

En ce qui concerne l'*Art vétérinaire*, les Byzantins ont réuni aux IX^e et X^e siècles, en recueils appelés « Hippiatrica », les principaux ouvrages des hippiâtres gréco-romains et ont écrit aux XIII^e et XIV^e siècles des ouvrages de fauconnerie et de cynégétique contenant des indications vétérinaires.

En *pharmacie* enfin, les auteurs médicaux cités plus haut ont mentionné un grand nombre de remèdes empruntés la plupart au règne végétal qui furent ensuite utilisés par les Arabes puis par les Occidentaux chez lesquels ils eurent pendant longtemps une grande vogue.

***

Au terme de cette rapide revue, quel jugement d'ensemble devons-nous porter sur la Science byzantine ?

Peu d'historiens de Byzance ou de sa civilisation se sont préoccupés de l'état des sciences exactes et naturelles dans l'Empire grec médiéval. En dehors de Krumbacher déjà cité, un des seuls qui ait brièvement traité la question d'une façon synthétique est Hesseling (18), mais, à notre avis, cet auteur s'est montré d'une sévérité aussi excessive qu'injustifiée.

Il a noté, avec justesse il est vrai, que les savants byzantins n'ont pas fait preuve d'une grande originalité, leur soumission totale aux idées de l'Eglise entravant la recherche originale. Mais

(16) Brunet (F.), 1933-35. — *Œuvres médicales d'Alexandre de Tralles*, 4 vol., Geuthner, Paris.

(17) Krumbacher (D. C.), 1907. — *Essai sur la civilisation byzantine*. 1 vol., *von Justinian bis zum Ende des Oströmischen Reiches* (527-1453), 1 vol., 1193 p., Munich. 1900 *id.* Traduction en grec moderne, 3 vol., Athènes.

(18) Hesseling (D.C.), 1907. — *Essai sur la civilisation byzantine*. 1 vol., 381 p., Picard, Paris.

Hesseling fait ensuite preuve d'une indiscutable partialité en surestimant les Arabes, au détriment des Byzantins.

S'il est vrai que la conception du monde de Cosmas Indicopleustès (VI^e siècle) nous paraît aujourd'hui aussi naïve qu'invraisemblable, d'autres auteurs qui se sont occupés des sciences mathématiques ne peuvent pas être considérés comme quantité négligeable.

Le recueil de Tannery, déjà cité note 5 montre que la contribution des Byzantins à l'arithmétique n'est pas sans intérêt et dans un discours prononcé en 1904 au II^e Congrès international de Philosophe, à Genève, ce même auteur a pu dire :

« Cependant, pour bien connaître un pays, il ne faut pas se borner aux sommets ; il faut descendre les vallées et suivre les fleuves qui découlent de ces origines inépuisables. Je ne veux pas me perdre dans les dédales d'une comparaison mais je dirai que par la pensée grecque, j'entends celle qui s'est exprimée par toute la littérature grecque, parce qu'elle est dérivée de la même source. Et l'on ne doit pas négliger même l'époque byzantine qui trop longtemps a été mal appréciée. » (P. Tannery, *op. cit.*, p. 430-31).

Nous pensons également à Isidore de Milet et Anthémios de Tralles, à Georges Pachymère et à Nicéphore Grégoras. Ce dernier calcula avec justesse, vers 1330, la date exacte de deux éclipses, ce qui n'empêche pas Hesseling d'écrire qu'à Byzance « l'astronomie ne sortait pas de l'astrologie ».

En ce qui concerne les sciences naturelles, Hesseling est encore plus injuste, voire injurieux, envers les Byzantins qu'il accuse de « radotages ».

Comme exemple de ce parti-pris, nous nous bornerons à réfuter l'assertion d'Hesseling selon qui « la zoologie décrivait des monstres ».

Depuis plusieurs années, l'un de nous (J. T.) a étudié en détail les principaux ouvrages byzantins concernant la zoologie et nulle part il n'est fait allusion aux « monstres » dont parle Hesseling. La zoologie n'était pas encore au Moyen-Age une discipline scientifique et les Byzantins n'y ont certes pas particulièrement brillé. Il convient néanmoins de remarquer que c'est grâce à Justinien que la sériciculture fut introduite en Europe, que grâce à divers encyclopédistes l'« Histoire des animaux » d'Aristote et les « Géoponica » ont eu une grande diffusion, que dans certaines œuvres littéraires (nous pensons en particulier au « Poulologos ») les animaux sont décrits avec une grande précision et qu'enfin certains artistes byzantins ont reproduit des animaux avec une grande fidélité. Somme toute, Byzance occupe une place des plus honorables dans l'histoire de la zoologie médiévale.

Le jugement de Hesseling sur la médecine byzantine est également tout à fait injuste et partial : il est inexact que les

auteurs médicaux byzantins n'aient pas osé critiquer Hippocrate et Galien comme il prétend, car Alexandre de Tralles et Paul d'Egine se sont souvent élevés contre ces autorités de la médecine classique.

Et s'il est vrai *qu'à partir seulement des* IX^e^ *et* X^e^ *siècles il y a une médecine arabe bien individualisée, on ne peut dire que celle-ci ait tellement influencé la médecine byzantine comme l'affirme Hesseling.*

Il est au contraire prouvé que certaines œuvres médicales byzantines furent très vite traduites en Arabe, ainsi les écrits de Paul d'Egine (19). Et, de toute façon, dès le IV^e^ siècle (20) la médecine était très en honneur dans l'Empire grec d'Orient en la personne d'Oribase et, plus tard, au VI^e^ siècle, avec Aetios d'Amida et Alexandre de Tralles.

Hesseling est encore très injuste lorsqu'il écrit (*op. cit.*, p. 284) :

« Quant aux Byzantins, il n'étaient de grands maîtres que pour la préparation de recettes miraculeuses ou pour inventer des formules de conjuration. Leur thérapeutique, toute composée de remèdes familiers, a joui d'une réputation extraordinaire, comme le prouvent les innombrables manuscrits qui ne donnent en réalité qu'une pharmacopée insensée et charlatanesque », et plus loin (*ibid.*, p. 285) : « Ici, de même, c'est le manque d'idéalisme qui est la cause du mal : aux universités, on formait, il est vrai, d'excellents praticiens qui devaient toute leur science aux manuels des Arabes ; mais il ne s'est pas produit d'école qui ait étudié la pathologie et la thérapeutique pour elles-mêmes. »

Examinons en détail ces assertions ; s'il est indiscutable que l'on trouve encore chez certains médecins byzantins un recours à des invocations et incantations pour guérir certaines maladies, de telles pratiques n'ont-elles pas duré jusqu'au XVIII^e^ et ne persistent-elles pas d'ailleurs encore de nos jours dans certaines campagnes ?

Quant à la qualification de « pharmacopée insensée et charlatanesque » appliquée par Hesseling aux remèdes préconisés à Byzance, elle dénote encore son parti-pris. Il est bien reconnu que jusqu'au XVIII^e^ siècle a sévi la polypharmacie, tant en Orient qu'en Occident et Byzance ne pouvait échapper à cette tendance.

Mais les médecins byzantins ont indiqué divers remèdes efficaces dont beaucoup appartiennent au règne végétal et dont certains sont empruntés aux auteurs hellénistiques (Dioscoride, Asclépiade de Bythine, Rufus d'Ephèse). Alexandre de Tralles, dont l'œuvre constitue selon le Dr F. Brunet « le premier traité

(19) Joannidès (D.), 1940. — *La Gynécologie et Obstétrique de Paul d'Egine et son influence sur la médecine arabe.* 1 vol., Le Caire.

(20) Comme beaucoup d'auteurs, Hesseling commence son histoire de la civilisation byzantine à 325 A. D.

clinique de phytothérapie », a recommandé un grand nombre de remèdes d'origine végétale parmi lesquels la colchique encore employée de nos jours dans le traitement de la goutte (21).

Byzance a même joué un rôle important dans l'histoire de la pharmacie et de la botanique médicale (22) en diffusant ses remèdes en Orient et en Occident (l'ouvrage de Nicolas Myrepsos resta jusqu'en 1651 le codex pharmaceutique de la Faculté de médecine de Paris !).

L'affirmation de Hesseling suivant laquelle les médecins byzantins n'ont pas étudié la pathologie et la thérapeutique pour elles-mêmes est également inexacte et une telle façon négative de voir les choses laisserait croire au lecteur non averti que la médecine byzantine n'aurait aucun bilan positif à son actif et qu'elle ne ferait que dépendre de la médecine arabe.

Il en est tout autrement, et bien avant le VIII[e] siècle, période d'éclat de la civilisation islamique, les médecins grecs de Byzance avaient, comme nous l'avons déjà dit ci-dessus, écrit d'importants ouvrages.

Un auteur aussi remarquable qu'Alexandre de Tralles nous a laissé dans son œuvre des passages très intéressants sur les maladies nerveuses, une excellente description de la pleurésie et de son traitement, et le Dr Brunet a pu écrire (*op cit.*, note 16) :

« Son sens clinique de praticien aime la clarté, l'ordre, la logique ; il n'estime rien au-dessus de l'expérience et de la netteté péremptoire des faits. La théorie à ses yeux doit être sanctionnée par eux. Ce n'est pas un compilateur, c'est un praticien qui a pesé le peu que valent les phrases au lit du malade. »

Sans insister sur la description très précise de la peste bubonique (bubons à l'aine, aux aisselles, derrière l'oreille) donnée vers 560 par Procope, cet auteur n'étant pas médecin de profession, mais historien, rappelons que chez Paul d'Egine figurent de précieuses observations chirurgicales comme l'a relevé Castiglioni (23) :

« Nous y trouvons des indications qui nous donnent une idée très claire des progrès accomplis par la chirurgie depuis l'époque de Celse et qui nous montrent qu'en dépit de connaissances anatomiques assez maigres, l'habileté technique des chirurgiens de cette époque était arrivée à un point tel qu'ils pouvaient enregistrer des succès notables dans des opérations délicates et difficiles. »

---

(21) Cette plante avait été employée pour la première fois à cet effet par un médecin du V[e] siècle, Jacques le Psychreste, contemporain de l'empereur Léon I[er] (457-474) qui lui fit élever des statues à Athènes de son vivant ; il n'a malheureusement laissé aucun écrit.

(22) Brunet (F.), 1937. — Contribution des médecins byzantins à l'histoire des plantes et à la botanique médicale en France. *Hippocrate*, 19, 524-31.

(23) Castiglioni (A.), 1931. — *Histoire de la Médecine*, Payot, Paris (p. 220).

Il a en effet préconisé l'emploi du cautère dans le traitement de l'abcès du foie, a donné une bonne description de la lithotomie et son mode d'opération de la hernie inguinale est resté classique jusqu'à la fin du XVII[e] siècle.

En ce qui concerne l'organisation hospitalière à Byzance, force est à Hesseling d'admettre « qu'elle avait atteint une perfection admirable » (*op. cit.*, p. 285).

Si nous nous sommes quelque peu attardés à réfuter Hesseling, c'est que son jugement nous semble caractéristique d'un état d'esprit fort répandu encore au début de ce siècle, tendant à minimiser le rôle joué par Byzance dans l'histoire des idées.

Les historiens des sciences, juges les mieux qualifiés en la matière, semblent avoir donné aux Byzantins la place qu'ils méritent ; sans revenir sur l'opinion de Heiberg et l'œuvre de Tannery déjà mentionnées, rappelons que Sarton [24], dans son monumental ouvrage, a consacré de nombreuses pages aux hommes de science de Byzance et que dans les bibliographies critiques publiées dans « *Isis* », revue internationale d'histoire des sciences, fondée en 1912 par le même Sarton, il y a toujours une rubrique concernant Byzance [25].

***

S'il nous faut, en conclusion, esquisser une appréciation d'ensemble sur l'histoire des sciences à Byzance, nous nous garderons bien d'exagérer dans un sens aussi bien que dans l'autre.

On ne saurait trop mettre en garde contre les anciens préjugés de Voltaire, de Gibbon de Le Beau ou de Hesseling sur certains des points qui nous occupent, préjugés aujourd'hui bien morts, sur le rôle de Byzance considéré comme négligeable du point de vue culturel.

Au Moyen-Age, l'Europe byzantine, le monde islamique comme l'Europe occidentale ont accompli *la même tâche historique si importante pour la civilisation : conserver et traduire, commenter et transmettre la science classique.*

Les Byzantins ont eu le grand mérite de comprendre la valeur philosophique et scientifique des œuvres de leurs illustres ancêtres : Platon, Aristote, Euclide, Ptolémée et d'autres

(24) Sarton (G.), 1927-48. — *Introduction to the History of Science*, 3 vol. publiés en 5 parties. Carnegie Inst. (Washington), Publ. 376.

(25) Une rubrique consacrée aux sciences figure également dans les bibliographies publiées dans le « Byzantinische Zeitschrift » (Leipzig).

de moindre importance ; lorsqu'ils en donnaient des extraits, ils les choisissaient toujours avec un très grand soin et un réel esprit critique.

La subordination presque totale à l'Eglise (26) et la réaction souvent vive contre les doctrines platoniciennes et néo-platoniciennes ont donné aux savants byzantins un goût très vif pour l'abstraction, ce qui explique que ce sont surtout les sciences mathématiques qui ont fait l'objet d'études quelque peu poussées ; mais, contrairement à ce que l'on pourrait croire, les œuvres et les réalisations pratiques n'étaient nullement négligées (recueils agricoles et vétérinaires, organisation hospitalière, feu grégeois, etc...).

Ce travail scientifique et technique, les Byzantins l'ont mené à bien avec toutes les ressources de leur puissante communauté « étatique », universitaire et ecclésiastique, avec leurs universités, leurs bibliothèques et leurs manuscrits, dans une société bien plus solide, bien plus hiérarchisée et bien mieux organisée que dans les autres pays de l'Europe et du Proche-Orient médiévaux qui d'ailleurs ont beaucoup emprunté aux Byzantins.

Ceux-ci, dans les derniers temps de leur Empire, ont influencé la Renaissance occidentale (27) comme également, dès l'origine, ils avaient des universités, des écoles et des monastères qui conservaient et transmettaient la Science et la Philosophie classiques pendant des siècles entiers alors que le reste de l'Europe était encore dans le chaos barbare et les Arabes une simple peuplade nomade.

Certains historiens modernes de l'Occident et de l'Orient médiévaux se sont émerveillés, il est vrai, de trouver chez les successeurs évolués des barbares et des peuples nomades la même vénération, les mêmes efforts pour transmettre et conserver la Science classique qu'ils ne jugeaient pas digne d'intérêt lorsqu'ils les voyaient faits par le grand, puissant et plusieurs fois séculaire Empire grec de Byzance.

---

(26) Il est pourtant assez piquant de voir sous la plume d'un historien comme Levtchenko l'appréciation suivante de la pensée byzantine dont l'étude « apporte quelques correctifs à nos idées courantes sur la Byzance du X^e^ siècle comme sur un pays définitivement figé dans les expressions extérieures d'une religion sclérosée et dans une orthodoxie croupie. *Elle témoigne de l'existence d'un mouvement de libres penseurs qui traitent assez cavalièrement les choses sacrées...* » (Levtchenko, Byzance, trad. franç., Payot, Paris, 1949, p. 203).

(27) Stéphanidès (M.), 1932. — *Les savants byzantins et la science moderne. Renaissance et Byzance. Archeion*, 14, 492-96. — Verpeaux (J.), 1952. — *Byzance et l'Humanisme* (*Position du problème*). *Bull. Assoc. Guill. Budé*, 3^e^ *série*, n° 3, 25-38.

Ces historiens ont été ainsi amenés à exagérer l'importance de la Scholastique occidentale et de la Science arabe (28) et à minimiser la contribution et les services très réels des Byzantins dans le même domaine.

Gardons-nous de partager leur erreur (29).

B. Simonide et J. Théodoridès.

(28) Le grand historien des sciences, Pierre Duhem a été jusqu'à écrire : « Il n'y a pas de science arabe » pour réagir contre cette exagération.

(29) Au terme de ce travail nous tenons à remercier le Professeur R. Guilland qui a bien voulu le relire et nous suggérer certaines retouches.

SUR UN ENSEIGNEMENT RATIONNEL DE LA PHONATION ET DU LANGAGE

par R.-A. GRIFFIÉ

Durant le mois d'octobre la Faculté des Sciences de l'Université de Paris a été la première à dispenser, sous la haute direction du Professeur Soulairac, une série de conférences constituant un véritable cours de psychophysiologie et de psychopathologie de la phonation et du langage. Cet enseignement comble une lacune et s'intègre parfaitement dans l'étude générale des problèmes humains. Il était naturel qu'il fut organisé sous l'égide du laboratoire de psychophysiologie, puisque ce laboratoire a la charge d'étudier un ensemble de phénomènes dont la phonation et le langage ne sont que des manifestations particulières.

Cette création a été rendue possible grâce aux importants travaux expérimentaux réalisés, en France, depuis 1950, sur ces questions. La plupart de ces recherches ont été effectuées dans divers laboratoires de physiologie, surtout en Sorbonne ; une autre partie dans plusieurs hôpitaux (Bellan, Boucicaut, Lariboisière, La Pitié, Trousseau, Hôpital Franco-Musulman de la Seine, etc.).

La genèse cérébrale des influx commandant la vibration des cordes vocales est suggérée dans la thèse originale de R. Husson. Elle permet de concevoir la formation d'un son déterminé avec une théorie, à première vue, nouvelle vis-à-vis de celle admise jusqu'à cette époque. L'intérêt accordé à cette idée a stimulé la curiosité de nombreux chercheurs sur des problèmes apparemment différents.

Ces travaux épars ont été rassemblés avec les connaissances déjà anciennes et acceptées. Le tout a été concrétisé sous forme de cours, qui représentent une mise au point actuelle du problème. Certains membres de l'Association française pour l'étude de la Phonation et du Langage avaient été priés de venir faire leçon sur leur travaux personnels, néanmoins MM. R. Husson et Soulairac en ont assumé la plus grande part. L'ensemble des conférences avait été conçu de façon à aborder toutes les questions importantes.

*
**

Le plan général suivi est symptomatique. Le point de départ est l'étude des phénomènes *centraux* liés à la phonation,

pour aboutir au travail des *effecteurs* périphériques que sont le larynx et les organes pharyingo-buccaux.

Ceux-ci sont considérés du point de vue de leur physiologie motrice propre, puis des manifestations sonores qui se forment à leur niveau, c'est-à-dire les sons du langage.

Ces derniers sont étudiés d'abord *isolément,* puis *groupés.* Ils interviennent alors dans la *formulation linguistique* de la langue de chaque sujet. On est ainsi conduit à l'étude des langues, dans leur partie générale bien entendu.

La psychopathologie est ensuite envisagée. D'abord les troubles de la *voix,* puis du *langage articulé* enfin de la *formation linguistique* du langage. Les organisateurs du cours se sont préoccupés d'aller du simple au composé dans l'étude de troubles aussi complexes.

Dans chaque groupe d'exposés de nombreux termes nouveaux apparaissent, traduisant un accroissement considérable de nos connaissances en ces domaines.

*
**

On considérait autrefois, dans les organes dits phonateurs, une soufflerie, un vibrateur, des résonnateurs. Cela provenait d'une comparaison directe avec un instrument de musique à vent. Ce schéma est déjà très insuffisant, et peut être faux à certains égards. Aucun organe n'est spécifiquement *phonateur ;* il possède d'autres fonctions. Il n'est phonateur que secondairement *pendant* la phonation. L'essentiel est donc constitué par les *structures nerveuses appropriées.* On est en face d'une association sensitivo et sensorio-motrice, qu'il faut étudier. Les centres et les voies motrices ont déjà été exposées par C. Eyriès. Leur *systématisation* est connue, mais le *détail* comporte encore bien des lacunes.

Les manifestations de la sensibilité issues du fonctionnement des divers organes sont mieux connues. Leur ensemble forme le *Schéma Corporel Vocal,* notion nouvelle, dont l'intérêt est considérable, tant du point de vue pathologique que normal.

Enfin, les perturbations végétatives entrent en jeu. Les voies et les mécanismes en sont encore analysées par le Professeur A. Soulairac qui montre comment les états affectifs, émotions et coenestopathies viennent troubler le fonctionnement des organes effecteurs et par conséquent de la voix.

Descendus des centres, les influx moteurs phonogènes parviennent à la voie finale motrice, qui est ici le nerf récurrent. A. Moulonguet en a recueilli les potentiels d'action sur l'homme en 1953. En harmonie avec les vibrations de la voix ils paraissent déclencher les vibrations des cordes vocales. Ce phénomène

d'une haute importance avait été pressenti depuis les expériences de Lindemann en 1930 sur le chien. Les cellules cérébrales phonogènes pulsent-elle avec le rythme même de la voix ? Il semble qu'il n'en soit pas ainsi, d'après les observations de Mme Kaiser, d'Amsterdam. Elles pulseraient sur des fréquences toujours inférieures à 70 ou 80, de l'ordre de 40 à 45 dans la parole habituelle.

Enfin, il est remarquable que les hormones qui gouvernent l'élimination des électrolytes $|Na|^+$ $|K|^+$ et $|Ca|^{++}$ exercent une influence puissante sur la voix. Elles facilitent celle-ci dans une forte proportion. Ce sont les hormones thyroïdiennes et certains corticoïdes surrénaux.

*
**

L'étude neuromusculaire du fonctionnement de l'effecteur laryngien est abordée par la suite.

La myographie directe des cordes vocales, sur l'homme, a été réalisée en 1954-1955 à l'hôpital Bellan par Portman, Robin, Humbert et Laget. Elle a montré que l'activité électrique de l'unité motrice des thyro-arythénoïdiens était de très courte durée (de 0,9 à 1,5 m./sec.) comparable aux durées observées de la musculature extrinsèque de l'œil. De plus, réalisée pendant la phonation sur un sujet, elle a montré que cette électroactivité était synchrone du son émis. La commande de la fréquence peut donc avoir lieu pour l'ensemble des unités motrices jusqu'à la limite permise par la période réfractaire soit environ 500 par seconde. Au-dessus de cette fréquence on doit envisager un dédoublement dans le fonctionnement des axones récurrentiels, une partie des axones étant en retard d'une demi-pédiode par rapport à l'autre. Ce phénomène est comparable à celui que Corabœuf a mis en évidence dans le nerf récurrent du chien en 1955. Ceci peut donner une explication des registres de la voix : la voix de poitrine ayant une conduction récurrentielle monophasée et la voix de fausset ou de tête une conduction biphasée.

L'étude tomographique du larynx en phonation vient appuyer ces conceptions. Les cordes vocales s'amincissent en effet considérablement en passant du premier registre au second.

*
**

Le tonus du sphincter glottique joue également un rôle considérable dans la formation de la voix. C'est lui qui règle son timbre ou pour employer une expression consacrée le « mordant » de la voix.

Toutes les afférences qui modifient le tonus, ont été d'autre part étudiées. Parmi ces dernières figurent bien entendu les émotions déprimantes et les coenestopathies.

Les stimulations auditives présentent de ce point de vue un particulier intérêt. Elles élèvent toujours le tonus du sphincter. Mais, pendant la phonation, si elles parviennent à des fréquences un peu différentes de celles de la voix, elles peuvent perturber la vibration des cordes vocales, comme le montrent certaines expériences de Saumont, Vannier, Labarraque et Husson. Les travaux de Tomatis sont à citer à ce point de vue. Ils concernent l'action stimulante des sons aigus sur le tonus du sphincter glottique et présentent un grand intérêt pratique.

***

L'étude des sons du langage, du point de vue de leur structure acoustique, ont été l'objet de quatre cours qui résument l'état actuel de nos connaissances à leur sujet.

Chaque son résulte de la superposition de deux types de composantes : périodiques, d'une part ; aléatoires, d'autre part.

Les premières sont prédominantes dans les voyelles ; elles viennent en général du larynx. Les secondes sont prédominantes dans les consonnes ; ce sont des *sons d'écoulement* typiques.

D'importantes notions nouvelles sont introduites par Husson dans ces domaines qui paraissent épuisés depuis si longtemps. Du grave à l'aigu sur toute l'échelle de la voix humaine, le nombre des voyelles susceptibles d'être formées varie beaucoup. Dans l'aigu extrême des super-sopranos, une seule demeure, le — i —. Ce phénomène a été étudié en détail.

En ce qui concerne l'articulation des consonnes, chères aux phonéticiens classiques, Husson introduit la notion d'articulation *sans contrainte,* qui s'observe notamment dans le chant, et qui impose aux consonnes des modifications typiques d'origines neurologiques.

Signalons aussi un essai de *classification neurologique* des consonnes, qui présente un grand intérêt dans la pathogénie des troubles de l'articulation.

Après l'étude du conditionnement physiologique de l'intensité de la voix, où le tonus du sphincter joue un rôle essentiel, l'onde vocale extérieure est étudiée à son tour. Sa directivité fait l'objet d'une exploration du champ sonore pré-buccal. L'acoustique des salles se trouve introduite, et les travaux de R. Husson montrent qu'elle influe sur les conditions de fonctionnement du larynx par l'*impédence* extérieure *ramenée* sur les cordes vocales pendant la phonation.

***

Les sons du langage ayant été ainsi étudiés, tant du point de vue de leur structure acoustique que leur conditionnement physiologique, deux conférences sont consacrées à la génèse du

langage articulé *linguistiquement formulé.* Partant de la formation dès l'enfance, des stéréotypes fonctionnels de Pavlov, M. Soulairac en aboutit aux automatismes verbaux et à leur activation volontaire dans le langage ordinaire.

Cette activité cérébrale se traduit pour chaque sujet par des réalisations phonatoires structurées dans sa propre *langue.* Et on est ainsi conduit à l'étude faite par le Professeur Sauvageot des *hauts niveaux* de la structure des langues. Dans la parole ordinaire s'y superposent des surcharges affectives, formant la mélodie de la parole et des motricités extralinguistiques associées comme les mimiques, les gestes, etc...

L'ensemble est pourvu d'une intelligibilité plus ou moins grande, dont l'étude termine la série des leçons consacrées au langage linguistiquement formulé. Ici le rôle de l'élocuteur ne peut plus être séparé de celui qui écoute, car le langage possède aussi une puissante *fonction évocatrice,* résultant des associations psychiques multiples que le message entendu fait naître dans le cerveau qui le reçoit.

⁂

Après l'exposé de ces données de physiologie phonatoire applicables à chacun, une place est réservée à la physiologie *phonatoire-différentielle,* c'est-à-dire aux différences présentées d'un sujet à l'autre.

La première différence est évidemment relative à la hauteur de la voix, qui conduit à la notion de classification vocale tonale.

Les travaux récents de Husson et Chenay ont montré que le classement vocal d'un sujet donné, en hauteur, ne dépendait que d'un seul facteur, l'excitabilité de son nerf récurrent. Cette excitabilité peut s'évaluer facilement comme l'a montré Chenay, à partir de celle du sterno-cleido-mastoïdien.

La détermination des timbres individuels est plus complexe et fait intervenir la configuration anatomique des étages susglottiques de chaque individu.

Enfin, la femme parle naturellement en régime diphasé, tandis que l'homme parle naturellement en régime monophasé. A chronaxie récurrentielle égale, la différence est exactement d'un octave. Le conditionnement hormonal paraît présider à la réponse laryngée qui paraît plus facile en régime biphasé chez la femme que chez l'homme.

L'étude des grandes voix de théâtre révèle aussi l'existence de physiologies différentielles assez sérieuses. Le tonus glottique peut être très élevé, les étages résonantiels pharyngo-buccaux très marqués, constitutions endocriniennes particularisées et

sensibilités internes d'origine phonatoire fortement ressenties et localisées. Ce dernier caractère donne toute sa valeur à la notion de *Schéma Corporel Vocal* introduite au début de cet exposé.

*
**

Les leçons qui terminent le cours passent rapidement en revue les nouvelles données pathogéniques introduites dans l'étude des maladies de la voix et du langage, par l'ensemble des travaux de physiologie vocale qui ont été présentés antérieurement.

Il faut considérer trois grandes divisions : la pathologie de la voix, celle de l'articulation, enfin les troubles de la formation linguistique du langage.

En ce qui concerne les troubles de la voix, c'est-à-dire ceux qui atteignent le fonctionnement de l'effecteur laryngien, il a été étudié séparément les atteintes de la vibration des cordes vocales par le Professeur J. Piquet. Puis celle du timbre et de l'intensité de la voix, résultant d'un trouble du *tonus* de l'accolement glottique par G. Decroix. Enfin M. Amado a considéré les dysendocrinies à répercussions vocales, dont le niveau d'attaque est le plus souvent encéphalique, et plus rarement laryngé. Ces notions apportent un peu d'ordre dans la question, et mettent fin à la croyance selon laquelle tout trouble de la voix résulte d'une atteinte du larynx, comme il est encore écrit dans tous les traités classiques des maladies de la voix.

Les troubles de l'articulation, étudiés séparément par Laget et le Professeur P. Guns, de Louvain, sont surtout vus sous l'angle de la systématisation neurologique. La recherche des *niveaux* d'atteinte a constitué l'étude essentielle. Laget met surtout l'accent sur l'importance de la notion *schéma chronologique,* dont toute perturbation si fine soit-elle, se répercute par une altération du langage articulé. Guns en fait une application magistrale dans l'analyse des dysarthries et notamment des bégayements, en montrant avec Garde comment les niveaux d'atteinte peuvent être recherchés et séparés.

Le Professeur Soulairac termine le cycle des leçons par une analyse des *aphasies,* en séparant les aphasies purement motrices de celles qui atteignent les niveaux supérieurs de la formulation linguistique du langage. On touche ici aux fonctions les plus élevées du cortex, notamment aux phénomènes de mémoire et de symbolisation.

Conclusions

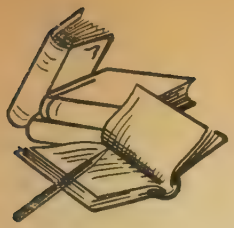
Il faut, en résumé, considérer que de très nombreuses idées générales nouvelles ont été introduites. La physiologie vocale tend à être replacée sur le terrain strict de la physiologie neuro-

musculaire et nerveuse générale. Le rôle prédominant de l'encéphale est mis en évidence même pour la voix. Les sensibilités internes sont décrites et analysées ; ainsi que l'action des phénomènes végétatifs. La pathologie de la voix est approfondie laissant entrevoir des possibilités nouvelles d'améliorations cliniques.

R.-A. Griffié.

RENOUVELLEMENT DES ABONNEMENTS

Pour éviter tout retard dans l'acheminement de notre premier numéro de 1956 qui paraîtra au début de février, nous prions ceux de nos abonnés qui ne l'auraient déjà fait, de bien vouloir nous couvrir du montant de leur abonnement (France et Union Française : 900 fr., Etranger : 1.000 fr.) par mandat, chèque ou chèque-postal (C. C. P. Paris 5625-02).



LES LIVRES

BIROT (Pierre). — Les Méthodes de la Morphologie. — Un vol. gr. in-8°, 177 pages, 16 fig. Collection « Orbis », Paris, 1955. Presses Univ. édit. Prix : 700 francs.

L'objectif de la géomorphologie est l'explication des formes du terrain. C'est une des branches de la géologie, du fait que le relief actuel n'est que l'aboutissement d'une succession de paléogéographies. Comme cette explication des paysages est également facteur et support de la biogéographie, elle constitue aussi la base de la géographie tout court. De fait, elle est enseignée à la Faculté des Sciences et à la Faculté des Lettres.

Le livre de M. Birot présente un intérêt tout particulier puisqu'il présente les méthodes modernes de la géomorphologie.

Le premier chapitre est consacré au témoignage des formes, aux méthodes qualitatives et quantitatives de l'analyse cyclique. Il y est tenu compte des déformations actuelles.

Le chapitre II intéressera vivement géologues et paléogéographes. Il traite de l'examen des formations géologiques actuelles et anciennes. C'est un excellent exposé critique de ce que l'on sait sur la signification climatique des fossiles et des paléosols (croûtes, latérites, etc.), des sédiments continentaux, de la reconstitution des topographies fossiles. On suit de très près l'évolution du couple antagoniste : Tectonique-Erosion.

Enfin le chapitre III témoigne du dynamisme de l'auteur qui n'est pas atteint par un esprit de résignation dangereux. Il n'ignore pas que la Recherche scientifique manque de moyens de travail élémentaires, faute de crédits, mais il expose tout de même un programme de recherches qui permet de prendre une claire conscience de nos besoins. Il rappelle aussi que les données scientifiques « pures » de la Géographie physique constituent la base rationnelle de toute planification pratique et il cite l'exemple des Pays-Bas.

R. FURON.

R. BLANCHÉ. — L'axiomatique. — Un in-8 couronne de 102 p., dans la Collection « Initiation philosophique » (Jean Lacroix). Presses Univ. Paris, 1955. Prix : 240 francs.

L'exubérance des théories physiques depuis un demi-siècle environ a exercé une grosse influence sur les mathématiciens, qui dans les dernières décades du XIX[e] siècle, avaient déjà repris, avec un soin inégalé jusqu'alors, l'examen des principes de leur Science. Elle les a poussés à intensifier encore leur action dans ce sens. Il en résulte pour la mathématique d'aujourd'hui un nouveau climat de la rigueur, déterminé par un constant recours au style axiomatique, de plus en plus appuyé par la formalisation.

Cet état de choses est favorable à des commentaires épistémologiques. L'exposé de M. R. Blanché, professeur de la Faculté des Lettres de Toulouse, présente une telle analyse avec intérêt, à partir de la constatation des défauts qui entachaient les Eléments d'Euclide, et du premier essai (Pasch, 1882) entrepris pour constituer une axiomatique de la géométrie. Ayant souligné le haut degré de technicité acquis aujourd'hui en pareille matière, il met en parallèle l'axiomatisation dans les sciences mathématiques et dans les autres sciences. Il termine, en montrant, dans la philosophie de la connaissance, la portée de l'axiomatisation.

G. BOULIGAND.

CONTURIE (L.). — L'Acoustique dans les Bâtiments. — Théorie et applications (288 p. Eyrolles éditeur).

L'auteur, ingénieur en chef des Télécommunications et chef des Travaux pratiques à l'Ecole supérieure des Télécommunications, enrichit par le présent ouvrage, la littérature technique concernant les problèmes d'acoustique dans les bâtiments. C'est un exposé complet et à jour des problèmes et de leurs solutions. Véritable outil d'étude, de documentation et de travail, dont la rédaction reste à un niveau aisément abordable, il est susceptible de rendre de précieux services aux architectes, ingénieurs et entrepreneurs sollicités par ces questions d'acoustique.

Voici un extrait de la table des matières :

Généralités : écho, études sur maquette, réverbération — **Acoustique des salles suivant les vues géométriques :** formules de Sabine, d'Eyring, de Millington, réverbération, niveau, intelligibilité — **Matériaux absorbants :** impédance, résonateurs, matériaux poreux — **Acoustique ondulatoire :** fréquences propres, forme des salles, diffusion, courbe de réponse, amplitude, fréquence, croissance du son — **Protection contre les bruits, propagation des bruits :** transmission directe, effet de paroi, conduction, trépidations — **Protection contre les bruits, pratique de l'isolement phonique :** réduction du bruit à la source, ossatures, parois, canalisations — **Sonorisation :** hauts-parleurs, courbe de réponse, stéréophonie.

G. LAMBRAULT.

G. GAMOW. — Un, deux, trois... l'infini. — Traduit par J. et M. Gauzit. — Un vol., VI, 282 p., (16 × 22), 116 illustrations, Paris, 1955, Dunod édit. Prix : 780 francs.

Le physicien et astrophysicien bien connu G. Gamow, dont les ouvrages de vulgarisation scientifique sont bien connus, a rassemblé dans ce petit livre une série de faits et de théories sur certains aspects particulièrement intéressants de la science moderne. G. Gamow va d'une façon anecdotique et imagée de l'arithmétique à la géométrie et à la théorie de la relativité, de l'atomistique à la physique nucléaire, du mouvement brownien à la thermodynamique, de la biologie cellulaire à la théorie de l'hérédité, de l'astronomie à l'évolution des étoiles et à la théorie de l'univers en expansion.

Très attrayant, d'une lecture facile et spirituellement illustré, cet ouvrage est un très bon livre de vulgarisation à l'usage du grand public.

G. PETIAU.

GAMOW (G.). — Monsieur Tompkins s'explore lui-même. — Un vol. 129 pages, traduit de l'anglais par A. Moles. Dunod, Paris, 1955. Prix : 780 fr.

D'une manière agréable à lire et souvent spirituelle, l'auteur aborde de nombreux problèmes biologiques tels que la constitution du milieu sanguin, le rôle des éléments figurés du sang, les virus, l'immunité, les hormones, les vitamines, les enzymes, la division cellulaire, l'hérédité, la structure et le fonctionnement du système nerveux, les mécanismes vitaux. Ainsi se trouve condensée sous un petit volume une foule de connaissances qu'il est impossible d'ignorer à l'heure actuelle.

R. CAVIER.

G. GOUDET. — Electronique industrielle. — Eyrolles, Paris, 1955, 635 pages.

Dans cet ouvrage M. G. Goudet développe le Cours qu'il professe à l'Ecole nationale supérieure d'Electricité et de Mécanique de Nancy. Ce livre excellent vient à son heure, car il importe de mettre entre les mains des techniciens de plus en plus nombreux, un ouvrage scientifique contenant tous les renseignements fondamentaux dont ils ont besoin. Dans son exposé

M. Goudet s'est attaché à être clair, précis et rigoureux, et il apparaît qu'il a pleinement réussi dans cette difficile et délicate entreprise.

La division même de l'ouvrage en six parties dont quatre consacrées aux principes : les circuits ; les tubes électroniques ; l'amplification ; la production et la détection des signaux électriques, et deux consacrées aux applications industrielles de l'électronique, contribue à rendre facile la lecture du livre et la compréhension du sujet.

Une très importante bibliographie complète l'ouvrage.

M. PARODI.

Traité de Zoologie, publié sous la direction de P. P. GRASSÉ. — Tome XII - Vertébrés : Généralités. Embryologie topographique. Anatomie comparée. Caractéristiques biochimiques. — Un vol. 1.146 pages, 773 figures. Masson et Cie, éditeurs, Paris, 1954.

A une cadence trop lente au gré de ses usagers et de ses admirateurs, l'œuvre magistrale entreprise par le Professeur Grassé et ses éminents collaborateurs continue à paraître. Le tome XII, neuvième volume de la série, expose les principaux problèmes relatifs au développement, à la structure et à la constitution physico-chimique des Vertébrés. La simple énumération des divers chapitres de l'ouvrage ne donnera qu'une bien faible idée de l'importance et de l'intérêt de ce livre fondamental pour le morphologiste comme pour le biologiste qui auront constamment recours à ses enseignements :

— Caractères généraux des Vertébrés ; principes de leur morphologie et de leur évolution (BRIEN (P.) et DALCQ (A.), 32 pages.
— Le développement des Vertébrés (DALCQ (A.) et PASTEELS (J.), 168 p.
— Le système nerveux central et les nerfs cérébro-spinaux (CORDIER (R.), 131 pages.
— L'œil des Vertébrés (ROCHON-DUVIGNEAUD (A.), 120 pages.
— Organe stato-acoustique (CORDIER (R.) et DALCQ (A.), 69 pages.
— Organe olfactif (GÉRARD (P.), 31 pages.
— Le problème du crâne (PIVETEAU (J.), 52 pages.
— Structure et évolution de la colonne vertébrale (DEVILLERS (Ch.), 67 p.
— Les côtes (DEVILLERS (Ch.), 25 pages.
— Le sternum (DEVILLERS (Ch.), 12 pages.
— Origine et évolution des nageoires et des membres (DEVILLERS (Ch.), 81 p.
— Les dents (LISON (L.), 63 pages.
— Morphologie générale du système circulatoire (STEPHAN (F.), 120 pages.
— Organes uro-génitaux (GÉRARD (P.), 70 pages.
— Les Chromosomes des Vertébrés : généralités (MATTHEY (R.), 20 pages.
— Caractères biochimiques des Vertébrés (FLORKIN (M.), 25 pages.

Ce vaste tableau de l'anatomie comparée des Vertébrés est complété par une abondante et démonstrative illustration en noir et en couleurs, un index alphabétique d'une cinquantaine de pages, une importante bibliographie. Le tome XII du Traité de Zoologie, dans lequel aucun des problèmes soulevés par la structure et l'évolution des Vertébrés n'a été négligé, est assuré de la vaste audience et de l'immense succès de ses devanciers.

R. CAVIER.

K. HAYASHI. — Tables à 5 décimales des fonctions circulaires et hyperboliques. — Un vol. cart. (24 × 15) de 182 p. Walter du Gruyter, Berlin, 1955 (2,40 D.M.).

Nouveau tirage de tables qui parurent en 1920 et qui, épuisées, ne purent être reproduites d'une manière immédiate. Faut-il rappeler l'importance des calculs directs sur les valeurs des fonctions ici présentes (et entre autres, l'exponentielle), calculs s'offrant en particulier à propos d'équations différentielles. La disposition très claire donne aux usagers le maximum d'aisance.

G. BOULIGAND.

L. HIRTH, J. SLOKOWSKI. — Biologie cellulaire. — Un vol. (13 × 18 de 408 p., 190 fig. Collection Euclide, P. U. F., Paris, 1955. Prix : 2.000 francs.

Le besoin d'une « Biologie cellulaire » devait être intense puisque à quelques mois d'intervalle deux éditeurs en présentent une, destinée aux candidats aux grandes Ecoles (Ecoles Normales supérieures, Instituts Agronomiques, Ecoles Normales d'Agriculture, Ecoles Nationales Vétérinaires et d'Horticulture), aux étudiants de propédeutique et correspondant à leur programme de Biologie cellulaire.

Le présent volume appartient à la collection **Euclide** ; il est rédigé par deux professeurs agrégés au Lycée Buffon. C'est un livre didactique conçu selon un plan classique ; la première partie est consacrée à l'organisation générale de la cellule ; la seconde partie, à la vie de la cellule, c'est-à-dire à ses mouvements, à ses échanges, à son métabolisme, à sa division.

Tout en marquant les caractères propres aux cellules végétales et animales, il faut louer les auteurs d'avoir tenu à mettre en évidence le caractère unitaire de la matière vivante particulièrement manifeste en physiologie et en biochimie.

A. TÉTRY.

A. LICHNEROWICZ. — Théories relativistes de la gravitation et de l'électromagnétisme. — Préface de M. G. Darmois. — Un vol. 298 p., Paris, 1955, Masson et Cie, édit. Prix : 2.800 francs.

La théorie de la relativité générale et son extension naturelle, la théorie unitaire des champs gravifiques et électromagnétiques s'est considérablement développée depuis sa création par Einstein, il y a maintenant quarante ans. Introduite par des physiciens cherchant une image synthétique de l'univers et des actions qui s'y manifestent, les premières solutions adoptées étaient souvent arbitraires. L'application des mathématiques modernes a permis sur bien des points d'introduire des démonstrations rigoureuses et de justifier le choix des solutions physiquement acceptables par l'intervention de théorèmes d'existence et d'unicité. A ce point de vue l'ouvrage de M. A. Lichnerowicz constitue une importante remise en ordre de la thoérie des relativité générale et fournit un cadre rigoureux pour le développement des recherches modernes.

Dans la première partie, A. Lichnerowicz étudie la relativité générale. Après avoir introduit les équations d'Einstein et examiné les propriétés structurales du tenseur d'impulsion-énergie, il montre comment se pose et se résoud le problème de Cauchy pour les équations de la gravitation et de l'électromagnétisme. Il étudie ensuite d'une façon très détaillée l'hydrodynamique relativiste des milieux holonomes, des fluides visqueux et des fluides parfaits chargés. Deux chapitres développent ensuite l'étude globale des espaces-temps stationnaires.

La seconde partie examine deux théories unitaires : d'une part, une forme de la théorie pentadimensionnelle de Kaluza développée notamment par les travaux de MM. Jordan et Thiry, d'autre part, la théorie développée ces dernières années par Schrödinger et Einstein, assimilant l'espace physique à un espace à connexion affine général. Après avoir rappelé les propriétés mathématiques des espaces à connexion affine, A. Lichnerowicz étudie les équations du champ de la théorie d'Einstein et le problème de Cauchy correspondant. Ces théories sont aujourd'hui en pleine évolution et font l'objet de très nombreuses publications scientifiques.

L'ouvrage de M. A. Lichnerowicz rendra les plus grands services aux chercheurs, tant mathématiciens que physiciens, qui développent les théories unitaires.

G. PETIAU.

André MERCIER. — Principes de Mécanique analytique. — (Traité de physique théorique et de physique mathématique, ouvrages réunis par Jean-Louis Destouches, V). — Un vol. 131 p., Paris, 1955, Gauthier-Villars, édit.

M. André Mercier a réuni dans cet ouvrage l'essentiel des leçons qu'il professe à l'Université de Berne. Il y développe d'une façon très claire les principes et le formalisme de la mécanique analytique qui sert de base à une grande partie de la physique théorique, notamment aux développements modernes de la théorie électromagnétique et aux théories quantiques.

M. Mercier expose successivement, au chapitre I le formalisme lagrangien (coordonnées généralisées, équations de Lagrange, principe d'Hamilton généralisé, intégrales premières), au chapitre II le formalisme canonique, au chapitre III les propriétés des transformations canoniques et de leurs invariants. Le chapitre IV développe la théorie de l'équation aux dérivées partielles d'Hamilton-Jacobi et ses applications aux systèmes à un seul degré de liberté et aux systèmes multipériodiques. Le chapitre V étudie l'analogie entre mécanique et optique que le formalisme canonique permet de mettre en évidence. Le chapitre VI applique la mécanique analytique à la mécanique statistique (espaces des phases, théorèmes de Liouville, problème de l'ergodicité). Le chapitre VII examine quelques problèmes associés à l'invariance quasi-statique.

G. PETIAU.

MORAND (P.). — Aux confins de la vie ; perspectives sur la biologie des virus. — Un vol. 167 pages, 20 figures et 8 planches hors-texte, Masson et Cie, Paris, 1955. Prix : 850 francs.

D'une haute tenue scientifique, ce livre, écrit par un éminent spécialiste, fait le point des connaissances actuelles sur les virus, ces êtres infiniment petits, encore quelque peu mystérieux, et qui posent aux biologistes une angoissante question quant à la nature même de la vie. Après avoir rappelé les grandes étapes de l'histoire des virus, l'auteur étudie ceux-ci du triple point de vue physique, chimique et biologique et essaye de dégager des conclusions objectives et pertinentes. Il est hors de doute que cet ouvrage remportera le grand succès qu'il mérite.

R. CAVIER.

NEWTON (Isaac). — Traité d'optique (Reproduction en fac-similé de l'édition de 1722 avec une introduction de M. SOLOVINE). — Un vol. in-8°, XXX-VIII-495 pages, 9 planches hors-texte dépliantes (Les maîtres de la pensée scientifique), Paris (Gauthier-Villars), 1955. Prix : 2.000 francs.

Entre 1921 et 1925, M. Solovine a réédité dans la collection « Les maîtres de la pensée scientifique » de nombreux textes scientifiques classiques devenus depuis longtemps très rares. Après une longue interruption, cette entreprise éminemment utile vient d'être reprise sous la forme moderne de la reproduction en fac-similé. Le premier ouvrage de cette nouvelle série est le célèbre **Traité d'optique** de Newton. Le texte reproduit est celui de la seconde édition de la traduction française de Pierre Coste, publiée à Paris en 1722, d'après la seconde édition de l'**Opticks** de Newton (Londres, 1717). Ce choix est excellent ; le **Traité d'optique sur les réflexions, réfractions, inflexions, et les couleurs de la lumière** de Newton contient le premier exposé d'ensemble de sa théorie corpusculaire de la lumière et de ses nombreuses autres découvertes dans ce domaine : description des expériences avec le prisme, explication des couleurs de l'arc-en-ciel, traité des couleurs naturelles et des mélanges de couleurs, description et explication des couleurs des lames minces, examen détaillé des aberrations des lentilles, etc. La reproduction du texte et des planches est excellente. Elle est précédée de quelques pages où M. Solovine réussit à brosser un tableau rapide mais correct de la vie et de l'œuvre si importante de Newton. Regrettons seulement l'absence de toute référence précise à des études plus complètes sur Newton, ou aux textes originaux dont certains fragments se trouvent cités en traduction française. Mais ce n'est là qu'une critique de détail qui ne réduit que bien peu l'intérêt de cette belle réédition d'un des principaux classiques de l'optique.

R. TATON.

M. QUEYSANNE et A. DELACHET. — L'Algèbre moderne. — N° 661 de la Collection « Que sais-je ? », Presses Univ., Paris, 1955. Prix :

Il y a peu de temps encore, l'Algèbre visait surtout à la résolution des équations algébriques, en y faisant participer, dans les ouvrages élevés, la théorie des substitutions prises sous diverses formes ainsi que l'étude des invariants. Le champ opératoire s'étant révélé beaucoup plus riche, on a reconnu la véritable base, la théorie des ensembles, et le besoin impérieux d'un recours à la méthode axiomatique. Non seulement, tout cela est mis par les auteurs en pleine lumière, mais encore, il ont su, en évoquant le passé, décrire le mouvement de plus en plus net, qui depuis une quarantaine d'années, a promu et diffusé l'algèbre moderne. La préparation s'est faite avec les **groupes** de substitutions, étayant la théorie de Galois, avec les travaux arithmétiques de Gauss introduisant les classes résiduelles à module entier et divers types de congruences, avec les recherches sur les quaternions et sur divers systèmes de nombres hypercomplexes, dont ceux que réalisent les matrices. La discussion de la résolubilité en entiers de l'équation $x^n + y = z^{nn}$ a exercé aussi une influence notable, en montrant sur un cas typique, l'intérêt d'élargir le jeu, et ici, de substituer aux entiers et rationnels ordinaires les entiers et rationnels algébriques. A côté des **groupes,** s'est alors affirmée toute l'importance qui s'attache aux notions des **anneaux,** des **corps,** des **idéaux.**

Grâce à ce prélude auquel sont consacrées les quarante premières pages sont ensuite amenées, de la manière la plus naturelle, les lois de composition menant aux structures algébriques et les méthodes de l'algèbre ensembliste appuyées sur les relations d'équivalence, sur l'homomorphisme et sur les processus d'extension d'un champ numérique. Ainsi s'éclairent les stades successifs de la notion de nombre et tout ce qui concerne la divisibilité, en faisant émerger, par exemple, la notion d'anneau **euclidien** (c'est-à-dire, s'offrant à cet algorithme d'Euclide sollicité par la théorie usuelle du p g c d), notion valable pour l'anneau des entiers comme pour celui des polynômes f(x), alors qu'elle cesse de l'être pour l'anneau des polynômes f(x, y). Et par là, se trouve rénovée la théorie des équations algébriques et de leurs zéros, théorie aboutissant à montrer que le corps des nombres complexes est algébriquement clos.

Les bons livres d'enseignement sont rares. Je pense qu'à celui-ci, Jules Tannery eût accordé son approbation.

G. BOULIGAND.

SCHMIDT (W.), BAIER (E.). — Lehrbuch der Mineralogie. — Un vol. in-8°, 376 pages, 302 fig., Bâle et Stuttgart, 1955 (Birkhäuser éditeur) (2e édition, revue et augmentée).

La première partie de l'ouvrage est consacrée à la Minéralogie générale, c'est-à-dire à la Cristallographie géométrique, à l'étude des minéraux aux rayons X et à l'Optique, aux groupements chimiques, au polymorphisme, etc.

La seconde partie, consacrée à la Minéralogie spéciale est plus particulièrement originale : géochimie et paragenèse, systématique, puis description d'un grand nombre de minéraux.

C'est un bon manuel de Minéralogie à l'usage des étudiants de langue allemande, bien illustré et bien présenté. La Bibliographie terminale (3 pages) ne cite qu'un seul ouvrage français.

R. FURON.

TERMIER (H.) et (G.). — Formation des continents et progression de la vie. — Un vol. in-8°, 135 pages, 4 fig., 5 cartes, 20 planches, Paris, 1954 (Masson éditeur).

« Durant les dernières décades, la Géologie a subi des orientations nouvelles. Elle doit ces tendances surtout à l'apport vivifiant des autres

sciences : physique, astrophysique, chimie, biologie, soit pas la transposition de leurs méthodes, soit par les répercussions de leurs résultats ». Ainsi s'expriment M. et Mme Termier dans l'avant-propos de cet excellent petit livre.

Dans une série de chapitres. des auteurs présentent une suite de problèmes résolus depuis quelques années ou bien encore en discussion. Nous voyons ainsi successivement : la mesure du temps, l'aspect primitif de l'écorce terrestre, le rôle géochimique de la vie, le rôle du métamorphisme, les échanges de matière au cours des drames orogéniques, la fracturation des continents, les assemblages continentaux, les transgressions et les régressions, les faciès géologiques et les êtres vivants dans leur milieu. Ensuite les données de la paléontologie sont intégrées dans le cadre de la géologie générale, ce qui implique qu'elles sont définitivement sorties de la phase « catalogue ». Les derniers paragraphes sont consacrés à la situation de l'Homme dans l'histoire de la Terre.

L'illustration est très remarquable, très nouvelle.

Le livre intéresse un vaste public allant des étudiants aux philosophes en passant par tous les curieux de l'évolution des sciences.

R. FÜRON.

LES DIVISIONS ECOLOGIQUES DU MONDE. — Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 1955, **Colloques internationaux,** LIX (Colloque tenu à Paris : juin-juillet 1954), XII + 326 p., 1 carte h.-t. couleur, plus fig.

En marge de la section de Phytogéographie du 8e Congrès International de Botanique, un Colloque organisé par les Prof. Sorre, Gaussen, Birot, se tint du 28 juin au 3 juillet 1954, donc presque entièrement avant l'ouverture du Congrès.

L'**Année Biologique** (1955, 3e sér., t. 31, fasc. 5-6, pp. 248-476 et une pagination supplémentaire spéciale) publie le compte rendu sous un titre un peu différent : **Colloque international sur les régions écologiques du globe.** C'est ce texte auquel deux introductions (Sorre, Gaussen) et deux listes (participants, auteurs et titres des communications) ont été ajoutées et qui constitue le volume publié par le C. N. R. S.

Le sous-titre adopté par le volume du C. N. R. S. : « Moyens d'expression, Nomenclature, Cartographie » correspond à la remarque de Gaussen, p. 233 : « Le Colloque a, en réalité, abordé de nombreux problèmes très divers axés autour des types écologiques de végétaux ».

Dans son **Exposé d'introduction,** p. IX-XII, Sorre mentionne parmi les questions non encore résolues : la classification climatique et la signification écologique des types de végétation. Birot montre **La position du géographe devant les question écologiques,** p. 205.

Il est quasi-impossible de classer d'une manière satisfaisante les communications, même en se servant de la synthèse de Gaussen, p. 233 :

1°) Des mots comme forêt, lande, savane, etc., continuent à être utilisés dans des sens différents, d'où la nécessité de définir les « termes employés pour désigner les types écologiques ». — J. TROCHAIN : Nomenclature et classification des milieux végétaux en Afrique Noire Française, p. 73, et Amendements proposés après discussions, p. 91. Il faudrait également mentionner d'autres communications dont certains passages sont relatifs à des définitions de termes ou de méthodes, par exemple, celle de Duvigneaud.

2°) « La deuxième question est de définir les types écologiques eux-mêmes » (Gaussen) par l'étude directe de l'écologie (A) ou par celle de la végétation qui réalise la synthèse des divers facteurs écologiques (B).

A. — Questions climatiques et édaphiques. Outre les travaux cités ci-après, se souvenir que ces questions tiennent une place importante dans d'autres travaux, comme ceux de Mangenot, de Marrès.

EMBERGER, Projet d'une classification des climats, p. 1. — WALTER, Le facteur eau dans les régions arides et sa signification pour l'organisation de la végétation dans les contrées sub-tropicales, 27, avec 13 fig. — PISEK, Utilisation de l'eau par la végétation dans un climat tempéré, 41 (3 fig.). — OZENDA, La température, facteur de la répartition de la végétation en montagne, 51 (10 fig.). — GAUSSEN, Expression des milieux par des formules écologiques, leur représentation cartographique, 13 (4 diagr.). — LAVERGNE), Principes pour un recensement cartographique de l'humus dans le monde, 95. — P. CHOUARD montre l'importance des conditions de croissance dans ses Remarques sur les implications des découvertes récentes de la physiologie dans les recherches d'écologie et de biogéographie des plantes, 69.

B. — La synthèse réalisée par la végétation implique la description des types, l'attribution de noms, etc. Cette étude directe de la végétation retient évidemment l'attention de tous, mais citons plus spécialement : DUVIGNEAUD, Etudes écologiques de la végétation en Afrique Tropicale, 131 (2 fig., plusieurs profils). — H. HUMBERT, Les territoires phytogéographiques de Madagascar, leur cartographie, 195, une carte h.-t. en couleurs. — HUECK, Nouvelles cartes de la végétation Sud-Américaine et leur signification pour l'agriculture et la sylviculture, 181.

3°) « La troisième question est de représenter cartographiquement les types distingués ». En plus des travaux signalés ci-dessus, relevons : SCHMID, Principes de cartographie mondiale aux échelles du 200.000e et du 1.000.000e basés sur les unités biocénologiques, 157. — MANGENOT. Ecologie et représentation cartographique des forêts équatoriales et tropicales humides, 149. — BHARUCHA montre les difficultés d'établir des cartes, difficultés d'ordre pratique, mais découlant aussi de l'interprétation de classifications et définitions théoriques : les Problèmes cartographiques du Sud-Est Asiatique, 189. — KUCHLER s'attache à représenter l'état actuel de la végétation : Projet d'une carte physionomique de la végétation du monde, 163. — DUDLEY-STAMP affiche d'autres préoccupations : Les travaux du service de l'utilisation du sol dans le monde (« Land Use survey »), p. 1. — MARRES expose les principes utilisés dans la cartographie parcellaire : Phénomènes actuels de surface et l'équilibre du tapis végétal dans la région méditerranéenne, 117. — REY démontre que l'on peut extraire de la Carte de la Végétation plus de renseignements écologiques qu'on en utilisa pour l'établir : Recensement cartographique des milieux et analyse écologique des cartes de la végétation, 169 (3 fig.).

Mentionnons encore : Roger HEIM, L'action de l'homme sur le milieu naturel, 107. — GOUROU, Remarques sur les « régions écologiques », 125. les Rapports de H. HUMBERT sur les pays intertropicaux, 209 et de GAUSSEN sur la cartographie écologique, 201, ainsi que les Conclusions générales de GAUSSEN, p. 233.

Ce livre est agréable à consulter grâce à son impeccable présentation ; signalons en particulier la belle carte en couleur de Madagascar dessinée d'après les documents du Professeur H. Humbert par le service de la carte de la Végétation (Toulouse) et tirée par les Editions S.E.D.E.S.

Paul JOVET.

ETUDE BOTANIQUE DE L'ÉTAGE ALPIN, PARTICULIEREMEN EN FRANCE. — Mémoires originaux (de 14 auteurs) rassemblés par P. CHOUARD et publiés par le Comité Scientifique du Club Alpin Français et le Comité Exécutif du 8e Congrès International de Botanique, avec l'aide du Centre National de la Recherche Scientifique, à l'occasion du VIIIe Congrès International de Botanique (Paris-Nice, 1954). Bayeux, René-Colas, imp., 1954 (en dépôt à Paris, S. E. D. E. S., 5, pl. de la Sorbonne). 1 vol., 154 p., 8 pl. phot., 4 cartes, plus fig.

P. CHOUARD, dans la **Postface,** indique que « le Comité scientifique du Club Alpin français » désire renouer avec la « grande tradition du Club qui veut que la connaissance scientifique de la montagne soit associée avec les joies de l'alpinisme pur ». Nous ne pouvons, ici, qu'énumérer les noms des auteurs et les titres de leurs articles. — GAUSSEN (H.) : L'Etage alpin, p. 5-8. — GARRIGUE (H.) : Les conditions physiques de la végétation alpine ou arctique, p. 9-12. — GAUSSEN (H.) : La végétation et l'enneigement aux Pyrénées, p. 13-21. — REY (P.) : Photographie aérienne et connaissance du milieu alpin, p. 22-26. — BRAUN-BLANQUET (J.). : La végétation alpine et nivale des Alpes françaises, p. 27-96, 4 pl., 7 fig., 3 tab. — KOFLER (Mlle L.) : Les Lichens des étages alpin et nival, p. 97-106. — OZENDA (P.) : Flore alpine et flore arctique, p. 107-111. — GAMS (H.) : La subdivision de l'étage alpin et ses variations séculaires et récentes dans les Alpes orientales, p. 112-117, 2 cartes, 1 tab. — WENT (F.) : A propos de la physiologie des plantes alpines, p. 118-119. — LASCOMBES (G.) : Physiologie et morphogénèse aux hautes altitudes, p. 120-131, 1 pl. — RYTZ (W.) : Genèse de la flore alpine, p. 132-134. — STEBBINS (C. L.) : Les processus de l'évolution aux hautes montagnes, p. 135-140. — RUFFIER-LANCHE (R.) : Les jardins botaniques alpins, p. 141-149, 1 pl. — CHOUARD (P.) : Postface. Les plantes et l'homme dans l'étage alpin, p. 151-153, 1 pl.

Paul JOVET.

MARINE NATIONALE. — La plongée. — 1 volume de 156 pages, 32 héliogravures et 18 croquis, chez B. ARTHAUD, 6, rue de Mézières, Paris (IV^e^) 1955.

Ceux qui ont la direction ou la surveillance habituelle des chantiers sous-marins attendent cette édition depuis longtemps et la liront avec plaisir et facilité.

Ceux qui pour une raison ou pour une autre ont à prendre part à ces travaux spéciaux devront l'avoir à portée de la main. Ils y trouveront rapidement la solution pratique d'un problème délicat se présentant inopinément. Ils seront enfin certains qu'en conformant leur conduite aux conseils préconisés par les auteurs, ils auront agi pour le mieux et ne pourront être l'objet d'aucune critique préjudiciable.

Le scientifique comme le technicien en tireront une aide en toute sécurité et grâce aux indications bibliographiques ils préciseront des détails particuliers. L'amateur comme le professionnel apprécieront la clarté du style et du vocabulaire ; ils ne risqueront pas de s'égarer sur des termes qui ne leur sont pas immédiatement compréhensibles. Il sera pour tous un guide précieux et sûr.

Quelque soit la composition de ses membres, le Groupe d'Etudes et de Recherches Sous-Marines de Toulon poursuit son activité avec le même esprit d'équipe et le même désintéressement. Aussi, bien que ce livre soit un travail du G. E. R. S., c'est la Marine Nationale qui fait la couverture. Le but essentiellement utilitaire, pas de spéculations divergentes, certes intéressantes, mais dont l'intérêt pratique est discutable. Cependant l'aridité du texte a été heureusement fleurie de photographies sous marines dont le cachet artistique ne cède en rien à l'exactitude.

R.-A. GRIFFIÉ.

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

contenues dans le tome LXII de la R. G. S.

I. — CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

BOULIGAND (Georges). — Cosmogonie, marées, mouvements planétaires 129

BOULIGAND (Georges). — L'effort encyclopédique. Les lois de la Pensée dans « Clartés » 322

BOULIGAND (Georges). — Georges Valiron (1884-1955) 67

COSTABEL (Pierre). — Pierre Sergescu (1893-1955) 5

DUPOUY (Georges). — Raoul Dautry 139

FURON (Raymond). — La reconnaissance scientifique des Terres Australes françaises 9

FURON (Raymond). — Les ressources du monde en minerai de fer .. 321

GRIFFIÉ (R. A.). — XXIII[e] réunion de l'Association des Physiologistes de langue française 193

LAMOUCHE (André). — Simplicité et complexité 195

MAYER (J.). — Diderot et la quadrature du cercle 132

PETIAU (Gérard). — Jean Chazy (1882-1955) 65

II. — ARTICLES ORIGINAUX

Mathématiques et Théories Physiques

BOULIGAND (Georges). — Perspectives mathématiques 69

COSTA de BEAUREGARD (O.). — La synthèse nouvelle de la Relativité et des Quanta 261

KIVELIOVITCH (K. M.) et VIALAR (J.). — Sur des nouveaux tests du hasard 14

MANDELBROT (Benoît). — Théorie du comportement. Une définition de la Cybernétique ; applications linguistiques 278

SCHUTZENBERGER (P.). — Le problème de diagnostic et l'axiomatique des informations 222

VERNOTTE (Pierre). — Application d'un même principe de régularité au dépouillement des courbes expérimentales et à la solution de problèmes d'analyse mathématique 11

Chimie

GAUCHARD (F.) et PAQUELET (J. H.). — Considérations sur les modifications physico-chimiques des sérums cancéreux 178

GENEVOIS (L.). — L'Amélioration biochimique des plantes cultivées. 346

LAVOLLAY (J.). — Les oligo-éléments dans la nutrition et la croissance des microrganismes 102
MUXART (Roland). — Quelques aspects de l'utilisation des radio-éléments, 1re partie 82
2e partie 202

Sciences Naturelles

DECHAMBRE (Edmond). — Contribution à l'étude des caractères acquis. La callosité caudale 56
FABRE René). — Quelques plantes médicinales de l'Amérique latine : leur utilisation thérapeutique 43
FURON (Raymond). — Importance paléographique des mouvements de subsidence du Pacifique central 307
GRIFFIÉ (R. A.). — Sur un enseignement rationnel de la phonation et du langage 366
MONNIER (A. M.). — Remarques sur la structure de la connaissance physiologique 295

Histoire et Philosophie des Sciences

GLANGEAUD (Louis). — Classification scalaire des Sciences de la matière et de leurs méthodes 146
RENAUD (Paul). — Une échelle de simplicité fondée sur les groupes de symétrie 328
SIMONIDE (Basile) et **THÉODORIDÈS (Jean).** — Réflexions sur la Science Byzantine 355

Biographies

PETIAU (Gérard). — Albert Einstein (1879-1955) 227
VERNE (Jean). — Le Doyen Léon Binet 176

Questions d'Enseignement :

Mathématiques : M. W. Servais 180
— M. M. Fréchet 184
Physique vibratoire : M. Cotte 137

III. — BIBLIOGRAPHIE
TABLE ANALYTIQUE DES AUTEURS

Note de la Rédaction. — Désireux de réduire au minimum la place occupée par nos tables, nous nous sommes contentés d'indiquer ci-dessous les noms des auteurs dont les ouvrages ont été analysés dans le tome LXII.

A - B

ALIMEN (Mlle H.) 248
AUBERT DE LA RUE (E.) .. 10
BASSERAS (G.) 316
BERGERON (L.) 60
BETH (E. W.) 71
BIROT (Pierre) 373
BLANC-LAPIERRE (A.) et PERROT (M.) 316
BLANCHE (R.) 373
BORG (H.) 316
BOULIGAND (G.) et RABATE (G.) 317
BOURBAKI (Nicolas) 73
BRESSE (Georges) 127
BRUN (Edmond) 318
BURGESS (Eric) 318

C

CAHEN (G.) 318
CARPENTIER (H.) 318
CAVRO (E.) 127
CAZAL (P.) 319
CESARI (P.) 128
CHOQUET (Gustave) 71
« Clartés » 322
COLOMBANI (A.) 319
CONGER (P.) 128
CONTURIE (L.) 374
COR (P.) 60

D

DAVY de VIRVILLE (Ad.) .. 248
DEBYE (J. W.) (Collected papers) 319
DENIS-PAPIN (M.) 128
DERIBERE (M.) 128, 249
DEQUOY (Nicole) 258
DOUCET (Y.) 186
DUBREIL (Paul) 70
DUGAS (René) 250

E - F

ELSEVIER 320
FABRE (René) 186
FEVRIER (Paulette) 186
FRANKL (F. I.) et KARPOVITCH (E. A.) 320

G

GAERTNER (V.) 251
GAMOW (G.) 374
GLASSTONE (S.) et EDLUND (M. C.) 187
GOUDET (G.) 108, 374
GRASSE (P. P.) 375

H - I - J - K

HAYASHI (K.) 375
HEITLER (W.) 60
HEISENBERG (W.) 188
HIRTH (J.), SLOKOWSKI (L.) 376
JANET (Maurice) 251
KAHAN (T.) 189

L - M

LAHARPE (Formulaire) 256
LEVI (Guisepp) 189
LICHNEROWICZ (A.) 376
LOHSE (R. P.), SCHADER (J.) et ZIETRSCHMANN. 252
MARTIN (C. N.) 61
MERCIER (André) 376
MONDIEZ (A.) 253
MORAND (P.) 377

N - O - P - Q

NEWTON (Issac) 377
OBRE (A.), CAMPAN (F.) et CHANTON (R.) 62
PAULIAN (Patrice) 10
PLACE (Y.) 63
POLYA (G.) 77
POUQUET (J.) 63
QUEYSANNE (M.) et DELACHET (A.) 378

R - S

RAMSAY (N. F.) 190
ROTH (L. M.) et WILLIS (E. R.) 190
SCHMIDT (W.) et BAIER (E.) 378
SNODGRASS (R. E.) .. 191, 253
SUTELIFFE (R. S.) 254

T - U - V - W

TERMIER (H.) et (G.) 378
TERRIEN (Jean) 255
TERRIEN (J.) et MARECHAL (A.) 63
TESCEREAU (Jean) et de VAUCOULEURS (Gérard). 255
TIMMERMANS (J.) 64
WALT DISNEY 255

X

Les divisions écologiques du monde 379
Etude botanique de l'Etage Alpin 380
Marine Nationale : La plongée 381
Formulaire de Laharpe 256

Dépôt légal 1er trim. 1956 : n° 5690. Le Gérant : R. CONSTANS.
Imprimerie Jacques et Demontrond, Besançon. — 6400 - 1-56.